



sht

Statens
Havarikommisjon
for Transport

Avgitt mars 2015

RAPPORT

Vei 2015/02



RAPPORT OM BRANN I VOGNTOG PÅ E16 I GUDVANGATUNNELEN I AURLAND 5. AUGUST 2013



English summary included

Statens havarikommisjon for transport (SHT) har utarbeidet denne rapporten utelukkende i den hensikt å forbedre trafikksikkerheten. Formålet med undersøkelsene er å identifisere feil og mangler som kan svekke trafikksikkerheten, enten de er årsaksfaktorer eller ikke, og fremme tilrådinger. Det er ikke Havarikommisjonens oppgave å ta stilling til sivilrettslig eller strafferettslig skyld og ansvar. Bruk av denne rapporten til annet enn forebyggende sikkerhetsarbeid skal unngås.

ISSN 1894-5856 (trykt utg.)
ISSN 1894-5929 (online)

Statens havarikommisjon for transports virksomhet er hjemlet i lov 18. juni 1965 nr. 4 om veitrafikk § 44 jf. forskrift 30. juni 2005 nr. 793 om offentlige undersøkelser og om varslng av trafikkulykker mv. § 2

Foto: SHT

INNHALDSFORTEGNELSE

MELDING OM HENDELSEN	3
SAMMENDRAG	4
ENGLISH SUMMARY	5
1. FAKTISKE OPPLYSNINGER	6
1.1 Hendelsesforløp	6
1.2 Trafikantenes opplevelse av brannen og evakueringen.....	9
1.3 Brannsløkking og redningsarbeid	13
1.4 Akuttmedisinsk innsats	16
1.5 Ledelse og kommunikasjon i forbindelse med redningsarbeidet	17
1.6 Personskader	18
1.7 Skader på kjøretøy	20
1.8 Andre skader og følger av brannen	22
1.9 Hendelsestedet	23
1.10 Føreren av vogntoget	25
1.11 Kjøretøy og last.....	25
1.12 Vær- og føreforhold	28
1.13 Gudvangatunnelen – utforming, trafikk og sikkerhetsutrustning.....	28
1.14 Sikkerhetsoppfølging av Gudvangatunnelen	37
1.15 Tekniske registreringssystemer	41
1.16 Medisinske forhold	41
1.17 Spesielle undersøkelser og evalueringer	41
1.18 Regelverk og retningslinjer	47
1.19 Myndigheter, organisasjoner og ledelse.....	47
1.20 Andre opplysninger.....	49
1.21 Iverksatte tiltak.....	50
2. ANALYSE	53
2.1 Innledning	53
2.2 Vurdering av den utløsende hendelsen	53
2.3 Gudvangatunnelens tekniske installasjoner og sikkerhetsutstyr	55
2.4 Konsekvensene for trafikantene	58
2.5 Brannvesenets slukke- og redningsarbeid	60
2.6 Nødetatens innsats og samarbeid i redningsarbeidet.....	63
2.7 Sikkerhetsoppfølging av Gudvangatunnelen	64
2.8 Overordnede retningslinjer for tunnelsikkerhet vs. selvredningsprinsippet.....	66
3. KONKLUSJON	68
3.1 Vesentlige undersøkelsesresultater av betydning for sikkerheten.....	68
3.2 Undersøkelsesresultater	68
4. SIKKERHETSTILRÅDINGER	72
REFERANSER.....	74
VEDLEGG	75

RAPPORT OM BRANN I VOGNTOG PÅ E16 I GUDVANGATUNNELEN

Dato og tidspunkt:	5. august 2013 kl. 1200
Hendelsessted:	E16 Gudvangatunnelen i Aurland kommune i Sogn og Fjordane
Vegnr., hovedparsell (hp), km:	E16 Hp 08 km 9,453
Hendelsestype:	Brann i vogntog
Kjøretøy type og kombinasjon:	Polskregistrert Renault Magnum trekkbil påkoblet svenskregistrert Krone semitrailer
Type transport:	Tomt vogntog i kommersiell godstransport

MELDING OM HENDELSEN

Statens havarikommisjon for transport (SHT) fikk informasjon om brann i vogntog i Gudvangatunnelen gjennom media 5. august 2013 ca. kl. 12.30. Ved kontakt med operasjonssentralen ved Sogn- og Fjordane politidistrikt ble det gitt utfyllende informasjon om hendelsen, og det viste seg at flere titalls personer var fanget i røyken inne i tunnelen. SHT rykket ut med tre havariinspektører, og ankom Lærdal sent samme kveld.

SAMMENDRAG

Den 5. august 2013 begynte det å brenne i et tomt polskregistrert vogntog i den 11,4 km lange Gudvangatunnelen. Det er ikke mulig å påvise eksakt hvorfor det begynte å brenne i vogntoget. Etter SHTs vurdering er de forholdene som kan ha medvirket til brannen vanskelig å oppdage ved en vanlig sikkerhetskontroll av dette kjøretøyet. Føreren iverksatte nødvendige tiltak da han fikk indikasjon om at noe var feil med vogntoget, men han klarte ikke å slukke brannen med et 6 kg brannslukkingsapparat fra egen bil.

Etter SHTs vurdering feilet det på fire vesentlige punkter da 67 personer ble fanget i røyken i tunnelen og 28 personer ble påført akutte røykskader:

1. Tunnelen var ikke utstyrt med noen form for overvåking eller telling av kjøretøy som ga kontinuerlig informasjon om hvor mange kjøretøy som befant seg i tunnelen. Vegtrafikksentralen (VTS) og brannvesenet hadde dermed ikke oversikt over hvor mange kjøretøy som befant seg på den siden av brannen som røyken ble styrt.
2. Det ble ikke gitt informasjon til trafikantene om at det var behov for umiddelbar evakuering. Kun de som sto nærmest brannstedet eller oppfattet situasjonen på et tidlig tidspunkt klarte å evakuere før tunnelen ble fylt med røyk.
3. Forhåndsbestemt strategi for brannslukkings- og redningsarbeidet som er nedfelt i tunnelens beredskapsplan medførte at VTS umiddelbart etter at brannen ble meldt, rutinemessig startet brannventilasjon¹ slik at røyken fra brannen ble ventilert 8,5 km mot Gudvangen. Røyken blokkerte den eneste evakueringsmuligheten for trafikantene på Gudvangensiden av brannen.
4. Tunnelutforming og tunnelens tekniske utrustning var dårlig tilrettelagt for selvredning.

Det er SHTs oppfatning at forholdene i Gudvangatunnelen var dårlig tilrettelagt for selvredning, og SHT mener at dette er den vesentligste læringen fra denne hendelsen. SHTs undersøkelse med bidrag fra SINTEF, Oslo universitetssykehus og Sveriges Tekniska Forskningsinstitut viser at trafikantene befant seg i en kritisk situasjon. Totalt var det 23 alvorlig skadde og fem meget alvorlig skadde som følge av hendelsen.

Svakhetene som SHT har avdekket har igjen sammenheng med sikkerhetsoppfølgingen av tunnelen både fra tunneleiers (Statens vegvesen) side og fra brannvesenets side, samt de overordnede retningslinjer som gjelder for tunnelberedskap. Tunnelens beredskapsplan omhandlet i liten grad forutsetninger for selvredning og evakuering, Statens vegvesens sikkerhetsstyring hadde ikke fanget opp sikkerhetskritiske faktorer. Øvelser som er beskrevet i Statens vegvesens Håndbok R511 – Sikkerhetsforvaltning av vegtunneler del 1 var ikke gjennomført og tilsynet med tunnelen som særskilt brannobjekt var mangelfull.

I tillegg ser SHT utfordringer for nødetatene når det gjelder å koordinere, lede og samarbeide i så mange ulike grensesnitt i en krisesituasjon. Samarbeidet ble enda vanskeligere som følge av at kommunikasjonsnettene nødetatene skulle benytte seg av ble satt ut av funksjon og at fagleder brann ikke var i kommandoplass (KO).

Det fremmes seks sikkerhetstilrådinger som følge av denne undersøkelsen.

¹ Den ventilasjonsretningen og -hastigheten som er beskrevet i beredskapsplanen i forbindelse med ventilering av tunnelen ved brann. Denne definisjon brukes også av brannvesenet og VTS.

ENGLISH SUMMARY

On 5 August 2013, an empty Polish-registered heavy goods vehicle caught fire in the 11.4-km-long Gudvangatunnelen tunnel. It is not possible to establish exactly why the vehicle caught fire. In the AIBN's opinion, the factors that may have contributed to the fire are difficult to identify through an ordinary safety check of this vehicle. The driver initiated the necessary measures when he saw signs that something was wrong with the heavy goods vehicle, but he was unable to extinguish the fire using the 6 kg fire extinguisher from his own vehicle.

In the AIBN's opinion, there were failures on four material points when 67 persons were trapped in the smoke in the tunnel and 28 persons sustained acute smoke injuries:

1. The tunnel was not equipped with any kind of monitoring or device for counting vehicles that could have provided continuous information about how many vehicles were in the tunnel. The Road Traffic Centre (VTS) and the fire service thereby did not have an overview of how many people were on the side of the fire towards which the smoke was ventilated.
2. No information was given to the road users that immediate evacuation was necessary. Only those in the immediate vicinity of the fire scene or who realised what was happening at an early stage managed to evacuate before the tunnel filled with smoke.
3. As a result of the pre-defined strategy for fire-extinguishing and rescue work that is set out in the emergency response plan for the tunnel, the Road Traffic Centre, immediately after the fire was reported, routinely starting the fire ventilation,² so that the smoke from the fire was ventilated 8.5 km in the direction of Gudvangen. The smoke blocked the only possible evacuation route for the road users on the Gudvangen side of the fire.
4. The tunnel design and the tunnel's technical equipment did not adequately facilitate self-rescue.

The requisite conditions for the self-rescue principle were thereby not present, and the AIBN believes that this is the most important lesson to be learnt from this incident. The AIBN's investigation, to which SINTEF, Oslo University Hospital and SP Technical Research Institute of Sweden contributed, shows that the road users were in a critical situation. In all, 23 people were seriously injured and 5 severely injured as a result of the incident.

The weaknesses that the AIBN has uncovered are, in turn, connected to the safety follow-up of the tunnel on the part of both the tunnel owner (the Norwegian Public Roads Administration) and the fire service, and to the general guidelines that apply to emergency response in tunnels. The tunnel's emergency response plan said little about what was necessary for self-rescue and evacuation; the Public Roads Administration's safety control had not picked up on safety-critical factors; the drills described in the Public Roads Administration's Handbook R511 - Safety management of road tunnels Part 1, had not been implemented and inspections of the tunnel as a special fire object were inadequate.

In addition, the AIBN sees challenges for the emergency services as regards coordinating, leading and cooperating along so many different interfaces in a crisis situation. The cooperation was made even more difficult as a result of the communications network that the emergency services were to use being put out of action and the fire incident commander not being in the command centre.

The AIBN proposes six safety recommendations as a result of the investigation.

² The direction and speed of the ventilation described in the emergency response plan in connection with ventilation of the tunnel in the event of fire. This definition is also used by the fire service and the Road Traffic Centre.

1. FAKTISKE OPPLYSNINGER

1.1 Hendelsesforløp

1.1.1 Utløsende hendelse

Kl. 0930 den 5. august 2013 startet et vogntog fra det polske transportfirmaet P.H.U. KAJ fra Bergen med retning mot Malmø i Sverige. Vogntoget hadde losset gods på Hansa i Bergen, og var tomt da det returnerte sammen med et annet polsk vogntog som også skulle til Malmø.

Førerne av vogntogene hadde radiokontakt med hverandre og fulgte E16 østover. Da de nærmet seg Vinje, ca. 20 km. vest for Voss, stoppet de da føreren av vogntoget som kjørte sammen med P.H.U. KAJ mente at han så det røyk fra det andre vogntoget. Etter en kort stopp kjørte de videre da de konkluderte med at den angivelige røyken var damp fra eksosrøret siden de kjørte på en regnvåt vei.



Figur 1: Oversiktskart over hendelsesstedet. Kilde: Vegkart, Statens vegvesen

Da de kom til Gudvangen stoppet vogntogene på bensinstasjonen som lå ved inngangen til Gudvangtunnelen. Her drakk de kaffe og fylte opp vannflasker før de fortsatte ut på E16 og kjørte inn i Gudvangtunnelen i retning mot Aurland.

Ca. 6 kilometer inne i tunnelen merket føreren av vogntoget til P.U.H. KAJ at han mistet kraften i motoren. Etter ytterligere 2 kilometer måtte han stanse.

Han kjørte da ut til høyre, slo på varselblinkeren og gikk ut. Da oppdaget han flammer under førerhyttens venstre side. Føreren prøvde først å slukke brannen med et 6 kilo brannslukningsapparat som han hadde i bilen, men klarte det ikke før dette var tomt. Han prøvde deretter å få tak i andre brannslukningsapparater, men ingen av bilene som var i nærheten hadde det tilgjengelig. Det var heller ingen brannslukningsapparat i tunnelen i nærheten av det stedet vogntoget hadde stoppet. Føreren ba ifølge politiforklaringen personene som var i de nærmeste bilene om å varsle politi, ambulanse og brann.



Figur 2: Vogntoget i en tidlig fase av brannen. Foto: Monika Blikås

Brannen utviklet seg raskt, og i løpet av kort tid var vogntoget overtent og tunnelen begynte å bli fylt med tykk svart røyk. Føreren valgte da å søke tilflukt i en buss som hadde stoppet et stykke bak vogntoget.

1.1.2 Varsling av nødetater

Ca. kl. 1200 ble brannen varslet fra innringer/trafikanter til alarmsentralen 110 i Sogn og Fjordane (110SF). 110SF iverksatte umiddelbart (ca. kl. 1202) full alarm til Aurland brannverns stasjoner i Aurland og Gudvangen. Vaktavende i Aurland kvitterte på mottatt melding, fikk vite at det var brann i et vogntog og rykket umiddelbart ut til tunnelen. 110SF iverksatte deretter trippelvarsling til helse og politi.

Samtidig som 110SF iverksatte trippelvarsling fikk AMK-sentralen i Førde nødmelding fra innringer om branntilløp i vogntog i Gudvangatunnelen. Innringer hadde kjørt i retning fra Flåm mot Gudvangen og sett røyk og flammer fra vogntoget da han passerte det sammen med andre biler og en polsk buss. Disse bilene fortsatte i retning mot Gudvangen uten å stoppe.

Ca. kl. 1203 fikk Vegtrafikksentralen (VTS) hos Statens vegvesen i Region vest, som har ansvaret for styring av de tekniske installasjonene i Gudvangatunnelen, varsel fra 110SF om å stenge tunnelen.

Politiet i Sogn og Fjordane har registrert mottatt trippelvarsling kl. 1204. 110SF informerte samtidig politiet om at VTS og AMK var varslet.

Kl. 1205 iverksatte AMK Førde ambulansealarm i Lærdal og informerte kommunelegen i Aurland.

Kl. 1226 mottok alarmsentralen 110 Hordaland (110H) melding om brannen i Gudvangatunnelen fra 110SF. 110H varslet umiddelbart videre til Bergen brannvesen og Voss brannvesen, som kl. 1229 kvitterte på mottatt melding.

Kl. 1228 varslet AMK Førde videre til AMK Bergen. Deretter ble luftambulanse (SLA Førde) varslet. Etter dette ble flere helseressurser fra Sogn og Fjordane tilkalt.

Kl. 1230 varslet AMK Bergen luftambulanse (SLA Bergen) og ambulanse på Voss. AMK Bergen kontaktet også politi og brannvesen på Voss. I tidsrommet kl. 1239-1246 ble Voss sykehus, kommunelege på Voss og Haukeland sykehus varslet med hensyn til potensielt mottak av pasienter. Etter dette ble flere helseressurser fra Hordaland og Voss tilkalt.

Kl. 1235 meldte politiet på Voss til 110H at de sendte en patrulje til skadestedet ved Gudvangen. Kl. 1255 varslet politiet på Voss Røde Kors, og ba om bistand.

Alle tidspunkter som gjengis i denne rapporten er systematisert på en tidslinje (se vedlegg B).

1.1.3 Stenging av tunnelen og igangsetting av brannventilasjon³

I henhold til tunnelens beredskapsplan og innsatsplan for VTS, iverksatte VTS-operatøren umiddelbart manuell stenging av tunnelen da de ble varslet om brannen. Stengingen ble gjort ved aktivering av blinkende røde lys utenfor tunnelen. Det var ikke montert bomber på utsiden av tunnelen.

Kl. 1205 startet VTS brannventilasjonen i tunnelen (se nærmere beskrivelse i kapittel 1.13.4), og umiddelbart etter dette ble brannen lokalisert til 3,05 km +/- 250 m fra tunnelåpningen på Aurlandsiden, da brannslukningsapparat i brannskap BS 133 ble fjernet. Gudvangatunnelen har langsgående ventilasjon og ventilasjonsretningen ved brann er i henhold til beredskapsplanen forhåndsbestemt til å gå i retning fra Aurland mot Gudvangen, med en hastighet på 1 – 2 m/s. Det gjelder uavhengig av lokalisering av hendelse-/brannsted i tunnelen. Retningen er fastsatt med bakgrunn i at direkte slukkeinnsats mot hendelse-/brannstedet skal foregå fra Aurland brannvern, som har kortest utrykningstid til tunnelen, og skal kunne kjøre inn i en røykfri tunnel fram til brannstedet.

Dermed ble røyken og ventilasjonsluften fra brannen ledet 8,5 km mot tunnelåpningen på Gudvangensiden, og tunnelen ble fylt av røyk med en hastighet på rundt 2 m/s – se kapittel 1.12.5.

Skilt med «Snu og køyr ut» som var plassert inne i tunnelen ble ikke aktivert på grunnlag av meldingen som kom umiddelbart etter kl. 1205, da VTS ikke fikk bekreftet brannsted fra 110-sentralen/brannvesenet. Dette ble førstgjort da fagleder brann bekreftet brannstedet ved å fjerne brannslukningsapparatet i brannskap BS 134 kl. 1244.

³ Den ventilasjonsretningen og -hastigheten som er beskrevet i beredskapsplanen i forbindelse med ventilerings av tunnelen ved brann. Denne definisjon brukes også av brannvesenet og VTS.



Figur 3: Vogntoget slik det ble stående etter brannen i Gudvangatunnelen. Foto: SHT

1.2 Trafikantenes opplevelse av brannen og evakueringen

I følge trafikkteLLinger fra Statens vegvesen var det kl. 1158 totalt 58 kjøretøy inne i Gudvangatunnelen – 43 i retning mot Aurland og 15 i retning mot Gudvangen. Umiddelbart før tunnelen ble stengt hadde det kommet ytterligere 18 kjøretøy inn fra Gudvangensiden. SHT har ikke oversikt over eiere av og trafikantene i alle kjøretøyene, og har derfor konsentrert undersøkelsen omkring de trafikantene som ikke kom seg ut, og ble fanget av røyken inne i tunnelen.

Verken politi, brannvesen eller helse har loggført eksakt antall trafikanter og tidspunkter underveis i evakueringen. På grunnlag av mottatt informasjon kan 67 trafikanter redegjøres for i tunnelen – 47 av disse kom ut på Aurlandsiden av tunnelen og 20 kom ut på Gudvangensiden av tunnelen.

Flere trafikanter som ringte inn nødmeldinger til alarmsentralene i Sogn og Fjordane (brann, ambulanse og politi) beskrev en kritisk situasjon for de som oppholdt seg i den røykfylte tunnelen.

For å få en bedre oversikt over situasjonen til de trafikantene som ble fanget i røyken, har SHT engasjert SINTEF Teknologi og samfunn. De har gjennomført intervju/samtaler med representanter for 57 av de 67 personene som måtte evakuere.

Sammendrag av innholdet i nødmeldingene til alarmsentralene og SINTEFs rapport omtales i kapittel 1.2.1 og 1.2.2.

1.2.1 Nødmeldinger fra trafikanter

I tidsrommet 1200-1320 fikk de forskjellige nødsentralene flere telefon- og nødsamtaler fra trafikanter som var inne i Gudvangatunnelen.

I 110SF sin logg ble det registrert en spesifikk innringer (varsel om brann kl. 1200), og at det løpende var mange innringere fra tunnelen. I politiets logg ble det registrert totalt fire innringere.

Den første nødmeldingen om stor røykutvikling fra en trafikanter i tunnelen ble registrert kl. 1216 hos AMK Førde. Innringer var omtrent midt i tunnelen sammen med flere andre biler. Vedkommende beskrev at de ikke klarte å komme seg videre på grunn av tett røyk. AMK ga råd om at de skulle holde seg i bilen og stenge ventilasjonen.

Politiet registrert første nødmelding kl. 1223. Innringer var en tysk sjåfør med totalt fem personer i bilen, inkludert barn. Politioperatøren hadde kontakt med vedkommende frem til kl. 1239. Bilen kjørte i retning fra Gudvangen mot Aurland/Flåm. På anmodning fra 110SF hadde bilen klart å snu mot Gudvangen, men kolliderte til slutt og kom seg ikke videre.

Den neste nødmeldingen fra en trafikanter til AMK Førde ble registrert kl. 1224. Innringer hadde problemer med å puste og hadde kjørt i tunnelveggen og kom ingen vei.

Kl. 1233 fikk politiet en nødmelding fra et fransk par med to barn som gikk til fots i tunnelen og ikke klarte å orientere seg.

I tidsrommet kl. 1234-1339 hadde politiet løpende kontakt med en norsk bilfører i tunnelen med to barn i bilen. Vedkommende klarte å snu bilen i retning Gudvangen og forsøkte å ta seg videre. Innringer informerte politiet om at de kunne observere omtrent 30 personer gående til fots i tunnelen.

I tidsrommet mellom kl. 1238-1239 kom det ytterligere to andre lignende nødmeldinger til AMK.

Kl. 1246 mottok VTS den første meldingen fra en trafikanter via tunnelens nødtelefon.

Kl. 1253 kom nødmelding til politiet fra innringer med barn på syv år som gikk langs tunnelveggen i retning utgangen mot Gudvangen.

Kl. 1256 kom melding til AMK om at 24 kinesiske turister hadde forlatt en turbuss og gikk til fots i tunnelen i retning Gudvangen. AMK ga beskjed om at brannvesenet var på vei fra begge sider

Siste innringer (kl. 1320) til politiet var en av de første bilene som hadde klart å snu og kjøre ut av tunnelen.

1.2.2 Trafikantenes opplevelse av oppholdet i- og evakueringen av Gudvangatunnelen

SINTEF Teknologi og samfunn har på oppdrag fra SHT samlet informasjon fra representanter for 57 av de 67 personene som ble igjen inne i tunnelen og måtte evakuere da røyken kom. Informasjonen er innhentet gjennom samtaler, telefonintervjuer og skriftlige tilbakemeldinger. I forbindelse med oppdraget har representantene fra SINTEF vært underlagt de samme rammebetingelsene og taushetsplikten som gjelder for SHTs

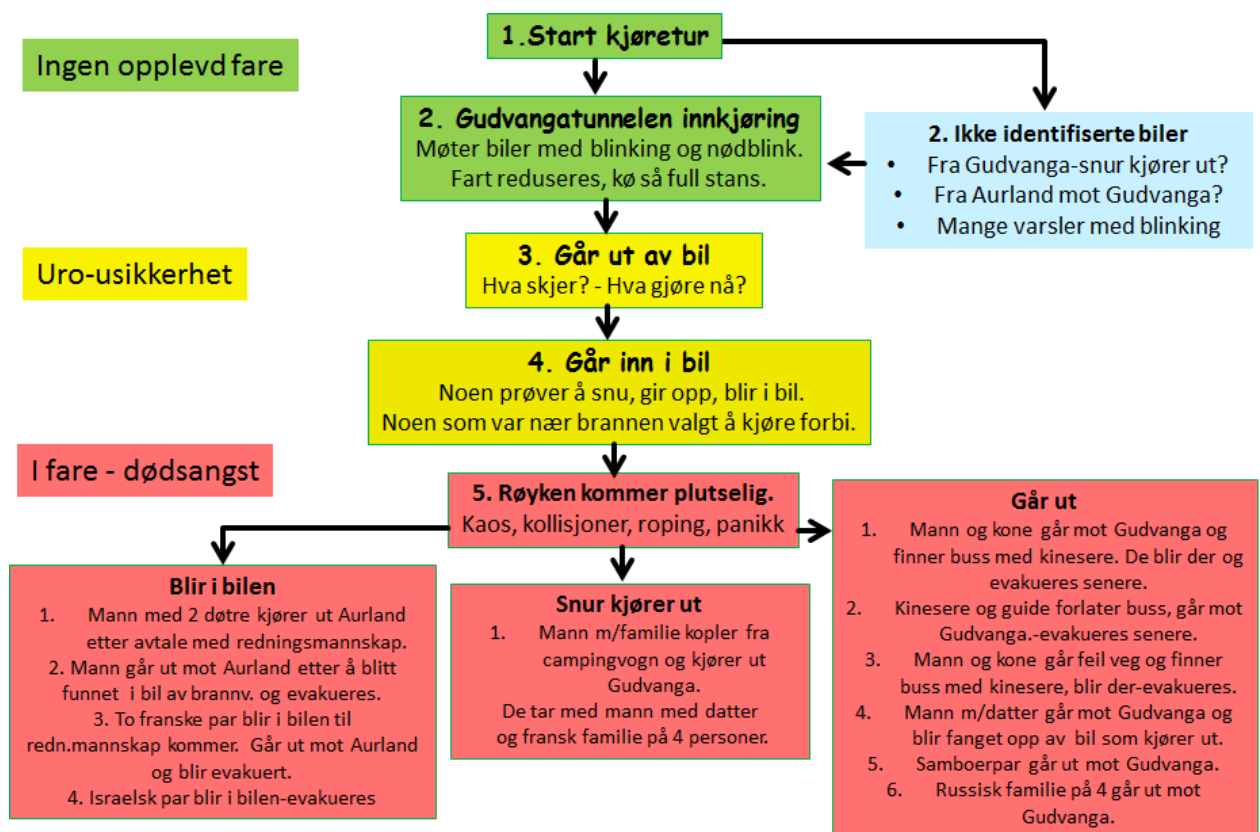
ansatte i forbindelse med undersøkelser. Oppdraget har vært gjennomført i tett dialog med SHT.

Omtalen som er gjort i dette kapitlet er utdrag fra SINTEFs rapport. Fullstendig beskrivelse av trafikantenes opplevelser er gjengitt i SINTEFs rapport (se vedlegg C).

Trafikantenes opplevelser kan på grunnlag av samtalene deles inn i tre opplevelsperioder (merket med grønt, gult og rødt i figur 4). Det er perioder hvor trafikantene

- ikke opplevde at de var i fare
- følte uro eller usikkerhet
- følte at de var i fare/dødsangst

Disse periodene kan igjen inndeles i fem faser som beskriver trafikantenes opplevelser. Dette vises skjematisk i figur. 3.



Figur 4: Fremstilling av opplevelsperioder og sentrale faser som viser trafikantenes atferd under brannen i Gudvangatunnelen. Kilde: SINTEF

Både de norske og utenlandske trafikantene har gitt en god beskrivelse av hvordan de oppfattet situasjonen i de enkelte fasene.

Fase 1 og 2 (grønn periode) – trafikantene opplevde ingen fare

Flere av trafikantene reagerte på at møtende biler blinket med lysene. Noen møtende biler kom med nødblink på. Trafikantene registrerte etter hvert at hastigheten ble redusert før bilene foran stoppet helt opp. De regnet med at det var en midlertidig trafikal stans. En

del av bilene som ble stående i køen begynte å snu og kjører tilbake i samme retningen som de kom inn i tunnelen. Det var på dette tidspunktet ingen uro hos de trafikantene som var inne i tunnelen. Noen av de utenlandske turistene diskuterte farenivået med lange tunneler, men forventet at sikkerhetsnivået var i henhold til europeiske normer.

Fase 3 og 4 (gul periode) – trafikantene følte uro

Trafikantene begynte å føle uro da de forsto at noe unormalt var på gang. Personene i de bilene som sto lengst bak i køen gikk ut for å se hva som foregikk, men ingen av disse så hva som skjedde. De som sto nærmest vogntoget så at det brant. En del av disse kjørte forbi det brennende vogntoget, mens andre prøvde å snu og returnere mot Gudvangen. Flere av bilene som sto i køen hadde tilkoblet tilhengere eller campingvogner. Disse hadde problemer med å snu eller koble fra tilhengerne. Etter hvert hørtes det kraftige drønn som sannsynligvis kom fra vogntogets dekk som eksploderte på grunn av varmen. Flere biler prøvde etter dette å snu og returnere. Det begynte nå å bli kaotisk da de fleste forsto at situasjonen begynte å tilspisse seg og at de kunne få problemer med å komme ut av tunnelen.

Fase 5 (rød periode) – følte at de var i fare

Plutselig kom røyken, og sikten og orienteringsevnen ble redusert. En sier at *"røyken kom som sluppet ut av en sekk, nærmest som et snøras"*. Det oppsto nå et kaos der biler krasjet inn i hverandre, inn i tunnelveggen og folk ropte og skrek. Mange beskrev at det oppstod frykt, panikk og fullstendig kaos. Etter hvert som situasjonen med den tette røyken utviklet seg, valgte noen å bli i bilen mens andre valgte å forlate bilen og bega seg på veg tilbake mot Gudvangen der de kom fra. De som gikk ut famlet seg langs tunnelveggen med den ene hånden og et tøyestykke over munn og nese. De gikk i sikksakk på grunn av redusert eller manglende orienteringsmulighet. De slo seg i den ujevne tunnelveggen, skrapte seg opp og snublet i den ujevne veiskulderen.

Alle opplevde situasjonen som svært dramatisk og gir uttrykk for at:

"vi trodde ikke vi ville komme levende fra dette", "jeg hadde dødsangst, men ikke panikk og holdt datteren i hånden hele tiden", "vi manglet luft og var sterkt bekymret for at vi ikke ville overleve", "ble roligere etter hvert, men tvilte på at vi ville overleve", "vi trodde vår siste time var kommet", "vi var veldig slitne, undertrykte redselen og fokuserte på å komme oss ut", "vi trodde vi var fortapt, men kom oss opp og fortsatte", "ble mer og mer tungpustet og var bekymret for at vi ikke skulle komme oss ut i live".

En familie gikk med faren først og de andre fulgte hånd i hånd etter han. Faren følte seg fram langs tunnelveggen med en hånd og holdt en ryggsekk i den andre. Han slo seg kraftig mot tunnelveggen flere ganger. En gang så hardt at han fikk hjernerystelse, kastet opp, var forvirret og begynte å gå feil vei.

En utenlandsk familie⁴ med tre barn valgte å forlate bilen for å evakuere til fots. Like etter at de gikk ut av bilen forsvant to av barna (13 år og 4 år) i røyken, og moren og faren fant dem ikke igjen. Foreldrene tok det tredje barnet (10 år) mellom seg og begynte å gå mot Gudvangen. Etter å ha gått i noe over en og en halv time, og tilbakelagt en

⁴ Informasjonen om denne familien er ikke beskrevet i rapporten til SINTEF, men hentet fra andre kilder SHT har tilgang til.

strekning på rundt 8 kilometer med minimal sikt og i tett røyk, kom de ut av tunnelen i Gudvangen. De var da helt nedsotet og utmattet. På det tidspunktet visste de ikke hvor de to andre barna var eller hvordan det var gått med dem. De fikk etter hvert informasjon om at de hadde kommet ut av tunnelen på Aurlandsiden, og var tatt hånd om og befant seg på Lærdal sykehus.

Mange ga uttrykk for at de hadde forventet å møte redningspersonell på et tidligere tidspunkt og ikke først da de nesten var ute av tunnelen. Ett av de norske parene snakket med en tysk familie som var sjokkert over sikkerheten i tunnelen.

De fleste av de som ble fanget i røyken har etter beskrivelsene de har gitt vært utsatt for store belastninger og sterke inntrykk. Flere av de utenlandske turistene mente at

- det burde etableres evakueringsrom
- internasjonale normer for tunneler måtte respekteres
- det måtte være nok oksygen tilgjengelig
- de som evakueres må få hjelp av redningsmannskaper underveis og proffe folk utenfor tunnelen for å ta i mot dem

1.3 Brannsløkking og redningsarbeid

1.3.1 Redningsetatenes utrykning

Umiddelbart etter at brannen i vogntoget ble varslet rykket alle nødetatene ut. Aurland Brannvern ba om bistand fra Lærdal, Voss og Bergen brannvesen umiddelbart etter utrykning. Helse Førde ba i tillegg om assistanse fra Helse Bergen. Følgende gjengis i forbindelse med redningsetatenes utrykning til Gudvangatunnelen:

- Aurland brannvern ankom tunnelåpningen på Aurlandsiden med tre biler og ni personer ca. kl. 1225. Samtlige biler og personer kjørte direkte inn i tunnelen, og var framme ved brannstedet kl. 1230.
- Ambulanse fra Lærdal ankom tunnelåpning på Aurlandsiden kl. 1232. De ventet på klarering fra brannvesenet til å dra inn i tunnelen.
- En politipatrulje som var i Lærdaltunnelen fikk kl. 1213 informasjon om brannen, og kjørte utrykning til Gudvangatunnelen. Da de kom fram til tunnelåpningen på Aurlandsiden var allerede personell fra AMK der.
- KO (Kommandoplass-innsatsledelsens plassering på skadestedet) ble opprettet på utsiden av tunnelåpningen på Aurlandsiden.
- Skadestedsledelse fra politiet og AMK befant seg i KO. Det var ingen representanter fra brannvesenet i KO, da skadestedsleder fra brannvesenet valgte å oppholde seg ved brannstedet og lede innsatsstyrken fra dette stedet for å ivareta sikkerheten til innsatspersonellet fra brannvesenet som var i aksjon inne i tunnelen.
- Da Voss brannvesen ikke fikk melding fra 110H før kl. 1229, ankom de Gudvangen først kl. 1300. Brannsjef på Voss ga mannskapene ordre om å vente

på utsiden fordi det ble forventet at tett røyk vil møte dem, og at det dermed kunne oppstå kollisjoner med biler og personer som var på vei ut av tunnelen.

- Kl. 1304 ankom første ambulanse fra Voss til Gudvangen.
- Første røykdykkerlag fra Bergen brannvesen ankom Gudvangen kl. 1352 og gjorde seg klare. Mannskapene fikk ordre om at ingen skulle i innsats før nødvendig utstyr var på plass og klart.
- Andre røykdykkerlag fra Bergen brannvesen ankom Gudvangen kl. 1400.

1.3.2 Mannskap og utstyr

I løpet at tiden slokke- og redningsarbeidet pågikk var følgende mannskaper og utstyr fra brannvesenet i aktivitet.

Tabell 1: Oversikt over innsatsmannskap og utstyr i forbindelse med slokke- og redningsarbeidet

Brannvesen	Antall personell	Utstyr
<i>Aurlandsiden av tunnelen</i>		
Aurland	16	Tankbil, redningsbil, røykdykkerbil, to mindre biler
Lærdal	5	Tre brannbiler
<i>Gudvangensiden av tunnelen</i>		
Voss	14	To brannbiler, ATV, henger, luftbank
Bergen	12	4-timers apparater

Nærmere beskrivelse av brannslokkingen og redningsarbeidet gis i kapitlene nedenfor.

1.3.3 Brannslokking

Aurland brannvern rykket inn i tunnelen med totalt ni personer (brannsjef, to sjåfører og seks røykdykkere), og var framme ved brannstedet ca. kl. 1230. Røykdykkerbilen og brannbilen ble rygget inn slik at de kunne evakuere raskt dersom det skjedde noe uforutsett. De koblet opp vannet fra tankbilen og tre røykdykkere startet slokningsarbeidet. Da slukkingen startet brant fremdeles fra påfyllingsrørene til begge dieseltankene og i brennbart materiale i førerhytten og på semitraileren. Samtidig raste det mye stein ned fra tunneltaket på grunn av varmen fra brannen. Brannvesenet fikk raskt kontroll, og meldte kl. 1255 at brannen nesten var slukket.

1.3.4 Evakuering og redning

1.3.4.1 *Brannvesenets innsats fra Aurlandsiden*

Da varmen fra vogntoget var redusert gikk tre røykdykkere i gang med å få personer ut av bilene som stod nærmest brannstedet. De fikk hentet ut 10-15 personer, to hunder og en kanin i de første bilene. Brannvesenet rygget deretter røykdykkerbilen med tre røykdykkere videre inn i tunnelen. Da de kom ca. 500 m forbi brannstedet støtte de på biler som hadde kollidert med hverandre og/eller med tunnelvegg. Brannmannskapet fikk ut alle personene i disse bilene. De måtte dytte fem biler med håndmakt for å komme videre i tunnelen. Mannskapet har beskrevet at sikten var veldig dårlig (0 – 2 meter), og dette ble forsterket da det manglet lys i tunnelen rundt brannstedet (se kapittel 1.13.5). Da

de på returen passerte det utbrente vogntoget raste det steiner fra tunneltaket på brannstedet, men ingen personer ble truffet av disse steinene.

Da tunnelen ble klarert av brannvesenet rykket ambulanser og ambulanspersonell inn til brannstedet og tok hånd om de personene som brannvesenet hadde evakuert fra den røyklagte delen av tunnelen. Disse personene ble fraktet videre ut av tunnelen hvor de ble tatt hånd om av helsepersonell som gjorde en vurdering av den enkelte, og sendte de det var behov for videre til sykehus.

Aurland brannvern forsterket bemanningen med fire røykdykkere fra redningsbilen, fikk tak i oksygen fra ambulansene som var kommet til skadestedet, og var klar til å rykke inn i tunnelen igjen. Røykdykkerbilen ble rygget inn helt til de kom til den belyste delen av tunnelen. Da ble bilen snudd og kjørt fremover i retning Gudvangen. Det var tett røyk i tunnelen, med minimal sikt. Biler og snuplasser ble sjekket for personer. De fikk da hjulpet ut en til to biler med personer i, som selv kjørte ut etter brannbilen.

Da mannskapet kom 7 km inn i tunnelen, var de nesten tomme for luft. Sikten var dårlig og de kunne ikke se mer enn 10-20 meter framover. Nødsambandet fungerte ikke på skadestedet, men lenger inn i tunnelen hadde de AMK Førde på sambandet. Røykdykkerleder ga beskjed om at de trengte mer luft.

Etter en stund kom Aurland brannvern med en pickup og Lærdal brannvern med en bil. De tre bilene rykket deretter lenger inn i tunnelen. Mannskapet fant noen personer ved ca. 7,6 km. De ble tatt med i pickupen og kjørt ut av tunnelen på Aurlandsiden.

På det interne sambandet fikk røykdykkerbilen fra Aurland brannvern vite at det var ca. 30 personer ved 8 km (dette var blant annet kinesiske turister som hadde forlatt en turbuss). Røykdykkerbilen fortsatte videre, og da de kom til ca. 8 km møtte de 25 personer som ble tatt inn i røykdykkerbilen. Røyken var tett, men var i ferd med å tynnes ut. Bilen hadde ikke plass til alle personene i tillegg til mannskapet, så to røykdykkere fra Aurland brannvern ble stående igjen i tunnelen. Disse hadde egne flasker med komprimert luft for ca. 30 min. Personene fra tunnelen ble kjørt ut og overlatt til helsepersonell. Brannmannskapet kjørte deretter tilbake til tunnelen for å sjekke om de fant flere personer og hente røykdykkerne som stod igjen.

Kl. 1428 ga Aurland brannvern beskjed om at det ikke var flere personer i tunnelen. Det ble deretter foretatt finsøk, uten at det ble funnet flere personer i tunnelen. Da det siste søket var gjennomført hadde brannvesenet totalt hentet ut 47 personer til Aurlandsiden av tunnelen.

1.3.4.2 *Brannvesenets innsats fra Gudvangensiden*

Tre personer fra Aurland brannverns stasjon i Gudvangen var først framme ved tunnelåpningen på Gudvangensiden. Da disse ikke var utstyrt med røykdykkerutstyr avventet de situasjonen på utsiden av tunnelåpningen.

Voss brannvesen rykket ut med to brannbiler og et mannskap på 14. Kjøretiden fra Voss var ca. 35 min, og brannmannskapet kom fram til skadestedet i Gudvangen like etter kl. 1300. Brannen i vogntoget var slukket på dette tidspunktet. Røykdykkere med ATV rykket umiddelbart inn i tunnelen. Ca. 1 kilometer inne i tunnelen møtte de røykproppen, og sikten ble så dårlig at de valgte å trekke seg ut av sikkerhetsmessige årsaker. De var redde for å kjøre på eventuelle personer som befant seg inne i den røyklagte tunnelen.

Ca. kl.1325 meldte vakthavende i Voss brannvesen til 110-sentralen i Hordaland at røyk begynte å velte ut av tunnelen. De stod da ca. 50-60 m fra tunnelutløpet. Mannskapet fra brannvesenet har beskrevet til SHT at de følte seg maktesløse i en situasjon hvor de ikke hadde mulighet til å bidra til redningsinnsatsen.

Mellom kl. 1346 og 1358, begynte folk å komme ut av tunnelen. Først kom tre puljer med gående personer. Det var først en gruppe på tre personer (to voksne og et barn) som hadde kommet vekk fra to andre barn i kaoset i tunnelen. Deretter kom grupper av fire personer og to personer gående. Til slutt kom en Volkswagen Caravelle kjørende ut av tunnelen med 11 personer og en hund. Totalt antall personer som evakuerte ut av tunnelen på Gudvangensiden var dermed 20.

Kl. 1352 landet et helikopter i Gudvangen med røykdykkere fra Bergen brannvesen med firetimers oksygenapparater. Røykdykkerne fikk imidlertid problemer med montering av utstyret. Da dette var ordnet ble to røykdykkere sendt inn i tunnelen til fots, men som følge av siktforholdene i tunnelen ga det ingen resultater.

Kl. 1400 landet et Sea King helikopter med røykdykkerlag 2 fra Bergen brannvesen.

Kl. 1425 kom Aurland brannvern kjørende gjennom tunnelen. Deretter ble det iverksatt finsøk i tunnelen etter eventuelle gjenværende trafikanter.

1.4 Akuttmedisinsk innsats

Totalt ble 66 personer sendt til sykehus som følge av brannen i tunnelen. Voss sykehus fikk 22 pasienter, Lærdal sykehus fikk 19 pasienter (av disse ble 12 sendt videre til Bergen og fem videre til Førde), og Førde sykehus fikk 25 pasienter.

1.4.1 Akuttmedisinsk innsats fra Aurlandsiden

Totalt evakuerte 47 personer ut av tunnelen på Aurlandsiden med hjelp fra redningsmannskap.

Første ambulanse med operativ leder helse rykket ut kl. 1206. Ambulansen kom til skadestedet ved tunnelåpningen i Aurland kl. 1234, samtidig med to politibiler fra Lærdal. Neste ambulanse kom fra Lærdal og var på skadestedet ca. kl. 1255. Ca. kl. 1314 landet Luftambulansen fra Førde. Senere kom to ambulanser fra Årdal og Sogndal til stedet. I tillegg til ambulanser og luftambulanse var det også buss og minibuss tilgjengelig for transport av pasienter til sykehus.

Da brannen var under kontroll ble to ambulanser sluppet inn i tunnelen fram til brannstedet. Skadestedsleder (fagleder brann) sendte de to ambulansene innover i tunnelen forbi brannstedet for å hente ut trafikanter. Imidlertid snudde de to ambulansene da de vurderte at området ikke var sikkert uten verneutstyr.

Røykdykkere hentet deretter ut trafikanter fra biler som sto inne i tunnelen og transporterte de til brannstedet, hvor ambulanser tok imot dem og transporterte dem videre ut av tunnelen. Trafikantene som ble transportert med ambulanse ut av tunnelen fikk oksygen, før de ble transportert videre til sykehus.

Etter hvert som trafikantene kom ut av tunnelen ble det gjort en vurdering av pasientenes tilstand, og de som hadde størst behov ble prioritert for videre transport til Lærdal og Voss sykehus:

- I tidsrommet fra kl. 1245 til kl. 1330 ble 13 personer evakuert ut av tunnelen. Av disse ble ni personer kjørt med buss til Lærdal sykehus, to ble kjørt med ambulanse til Lærdal og to ble fraktet med luftambulanse (LA Førde) direkte til Voss sykehus.
- Ca. kl. 1330 ble åtte personer evakuert ut av tunnelen. Disse personene ble fraktet videre i tre ambulanser til Lærdal sykehus.
- Kl. 1410 ble 24 kinesiske turister evakuert. Disse ble fraktet med Sea King helikopter til Førde sykehus.

1.4.2 Akuttmedisinsk innsats fra Gudvangensiden

Da første ambulanse fra Voss kom frem til skadestedet ved Gudvangen kl. 1304 var politiet og brannvesenet på stedet. Luftambulanse fra Bergen kom til stedet ca. kl. 1305. Deretter kom det fire ambulanser som var framme i Gudvangen mellom kl. 1338 og 1500.

Som følge av at røyken ble ført mot Gudvangen gikk ikke ambulansepersonellet videre inn i tunnelen fra denne siden. Innsatspersonellet var derfor vitner til at røyken begynte å velte ut av tunnelen og at trafikantene kom gående/kjørende ut av tunnelen på egenhånd.

De første trafikantene som kom ut av røyken var helt nedsotet, apatiske, og med akutt behov for oksygen. Ambulansepersonellet satt straks i gang vurdering og behandling av de som kom ut, og sendte de så raskt som mulig med ambulanse/minibuss til Voss sykehus. Totalt 20 pasienter ble i tidsrommet mellom kl. 1350 og 1510 kjørt til Voss sykehus.

1.5 **Ledelse og kommunikasjon i forbindelse med redningsarbeidet**

Brannen i Gudvangatunnelen satte store krav til ledelse og koordinering, da innsatsen måtte organiseres fra to sider. I tillegg måtte innsatsen fra tre nødetater samordnes. Ansvar for brann og ambulansetjenesten på Aurlandsiden var underlagt Aurland brannvern og Helse Førde. På Gudvangensiden var Voss og Bergen brannvesen styrt av 110SF/Aurland brannvern, mens ambulansepersonellet var underlagt Helse Bergen.

1.5.1 Ledelse

Aurland brannvern ankom hendelsesstedet før politiet. Brannsjefen i Aurland, som da var overordnet leder for brannvesenet, tok derfor ansvar for ledelse av skadestedet inntil politiet ankom. Overordnet leder for brannvesenet valgte å bli med inn til brannstedet og overtok i tillegg til å være overordnet leder for brannvesenet også innsatsledelsen fra utrykningsleder (overordnet vakt), som ble utpekt som røykdykkerleder.

Da politiet ankom stedet (noe etter kl. 1230) overtok de skadestedsledelsen og etablerte kommandoplass (KO) utenfor tunnelåpningen på Aurlandsiden. Politiet og fagleder Helse oppholdt seg på KO, og organiserte den overordnede ledelsen for sine etater fra dette stedet.

Overordnet ledelse for brannvesenet valgte å bli ved brannstedet for å ivareta sikkerheten til innsatspersonellet fra brannvesenet som var i aksjon inne i tunnelen. Der opererte han både som utrykningsleder og overordnet leder (fagleder brann) med det strategiske ansvaret. Dette bød på utfordringer, da all kommunikasjon med ledere for øvrige redningsetater og andre brannvesen måtte foregå med mobiltelefon fordi sambandet i

tunnelen ikke fungerte. Totalt ringte overordnet leder/utrykningsleder 64 samtaler i løpet av hendelsen.

Etter hvert som hendelsen utviklet seg så ambulansepersonellet på Gudvangensiden som kom først til stedet at det var behov for å styrke innsatsen på helsesiden. De anmodet derfor AMK Bergen, som de er underlagt, om å få tilført flere ressurser. Da AMK Førde, som styrte innsatsen i Gudvangatunnelen, ikke hadde gitt beskjed til AMK Bergen at det var behov for flere ressurser ble det avslått. Etter en del samtaler med innsatspersonellet på Gudvangensiden valgte likevel AMK Bergen å sende flere ressurser selv om det ikke var kommet anmodning fra AMK Førde.

Operativ leder ambulanse på Aurlandsiden hadde vest med «Leder Ambulanse». Verken politi eller brannvesen på Aurlandsiden hadde vest med tittel som viste at de var innsatsledere for sine etater. På Gudvangensiden hadde alle innsatslederne fra de respektive etatene vester som viste at de var innsatsledere.

1.5.2 Kommunikasjon

Da kommunikasjonskabelen som var montert i tunneltaket brant av på brannstedet, fungerte ikke sambandet mellom skadestedet og det personellet som var i eller på utsiden av tunnelen på Aurlandsiden (se kapittel 1.13.6). Brannsjefen kommuniserte derfor via sin mobiltelefon med 110 Sogn og Fjordane, og etter hvert også med politi og operativ leder helse.

Allerede ved ankomst ved tunnelmunningen oppdaget ambulansepersonellet at sambandet var nede (dvs. kanal 37 Aurland). Operativ leder helse hadde kontakt med AMK og forsøkte å teste sambandet, men dette virket ikke. Dermed ble ambulansepersonellet og AMK enige om å benytte mobiltelefon for å kommunisere. Det manglede sambandet førte videre til at AMK og operativ leder helse ikke oppnådde kontakt med brannvesenet inne i tunnelen. Imidlertid fikk en fra politiet kontakt med overordnet leder/utrykningsleder fra brannvesenet via mobiltelefon. Operativ leder helse har beskrevet at det til tider også var vanskelig å oppnå kontakt med AMK via mobiltelefon, samt at forskjellige AMK-operatører besvarte anropene.

Inne ved skadestedet fikk operativ leder helse kontakt med AMK via radiosamband ved et tilfelle, men informasjon som da ble gitt kom ikke videre til helseressurser utenfor tunnelen siden sambandet ikke virket der. Operativ leder helse brukte derfor bilen inn og ut av tunnelen ved et par tilfeller for å gi beskjeder og skaffe seg oversikt.

I Gudvangen fungerte sambandet mellom operativt personell på skadestedet og AMK Bergen greit, men SHT har fått opplyst at det til tider var vanskelig å få kontakt og høre hva som ble sagt.

1.6 **Personskader**

Totalt var det 15 kjøretøy med 67 personer som ble fanget i røyken i tunnelen. Disse oppholdt seg i den røykfylte tunnelen i et tidsrom på mellom 50 og 95 minutter før de ble reddet ut. 28 av disse personene ble utsatt for så sterk røykpåvirkning at de måtte behandles på sykehus.

Oslo universitetssykehus har på oppdrag fra SHT sett på hvilke helsemessige konsekvenser røykpåvirkningen har hatt på de 28 personene som ble innlagt på sykehus for behandling av røykskader.

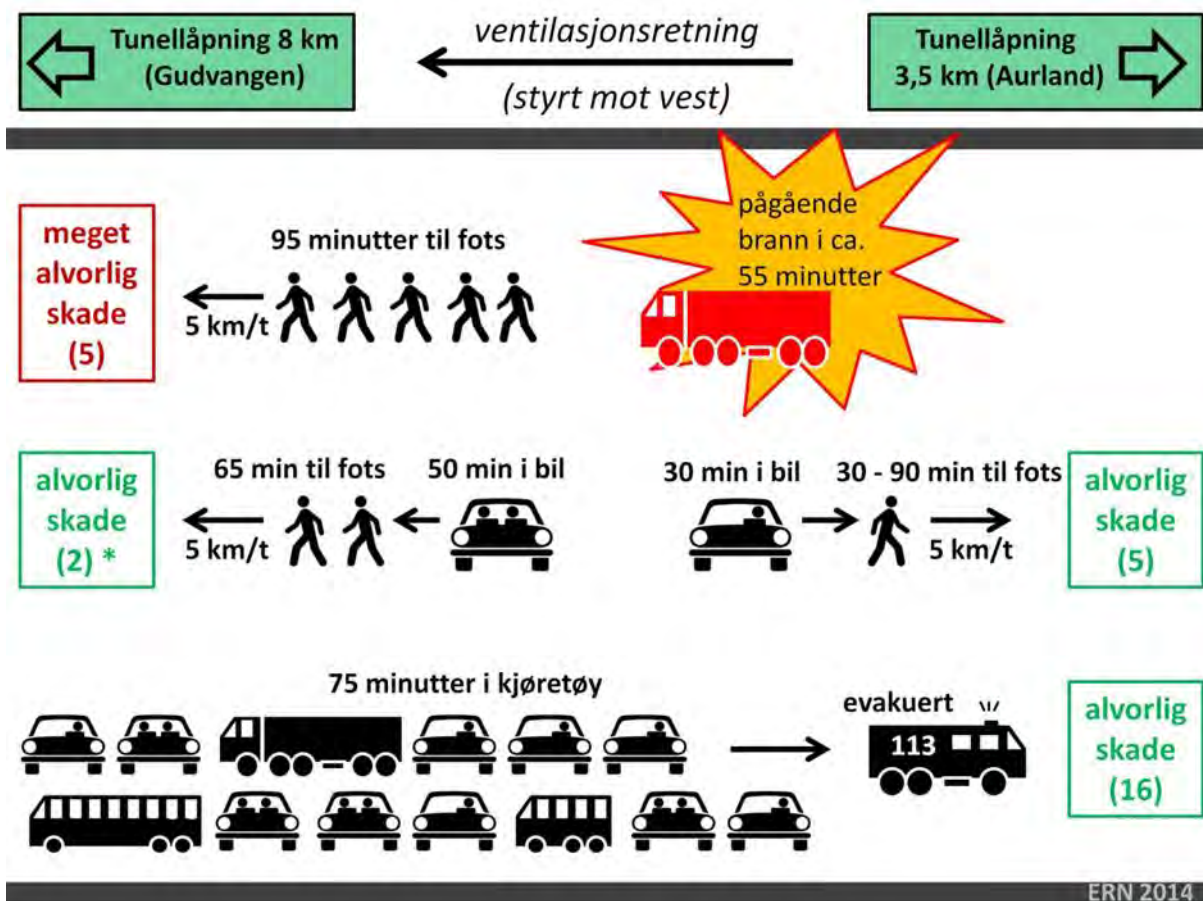
Den medisinske vurderingen er gjort av to spesialister i henholdsvis lungemedisin og anesthesiologi med bred erfaring fra røykskadebehandling og klinisk toksikologi. Arbeidet er basert på en systematisk gjennomgang av alle journaler og registreringer som er gjort i forbindelse med sykehusoppholdet for de aktuelle personene. Et eget spørreskjema er også benyttet i ettertid for å kvalitetssikre opplysningene.

Konklusjonen i rapporten viser at:

- 1. Blant trafikantene som ble behandlet for røykskader på sykehus etter brannen i Gudvangatunnelen den 5. august 2013 hadde 23 alvorlige skader og 5 meget alvorlige skader.*
- 2. Sot og kullos (karbonmonoksid) bidro vesentlig til sykdom hos trafikantene. Cyanid (blåsyre) ble ikke påvist i blodprøver og klinisk var det heller ikke holdepunkter for alvorlige tilfeller av cyanidforgiftning.*
- 3. Ung alder og god helse var trolig medvirkende årsaker til at liv ikke gikk tapt under brannen.*
- 4. Trafikantene med de mest alvorlige symptomene hadde lengst opphold utenfor bil og høyest grad av fysisk anstrengelse i tunnelen.*
- 5. Et forlenget opphold i tunnelen ville trolig satt minst fem av trafikantene i akutt livsfare.*

For de øvrige 39 av de 67 trafikantene som ble fanget i røyken inne i tunnelen foreligger ikke tilgjengelig journal fra prehospital behandling. Rapporten konkluderer med at det for disse må antas at det forelå et større antall med lettere skader.

I rapporten er det også laget en skjematisk oversikt over skadeomfang i forhold til evakueringsmåte. Den indikerer at de som har evakuert hele veien til fots er alvorligere skadet enn de som hele eller deler av tiden har oppholdt seg i kjøretøy. Kopi av den skjematiske oversikten vises i figur 5.



Figur 5: Figuren viser skadegrad, evakueringsmåte og tidsrommet de enkelte oppholdt seg i den røykfylte tunnelen. Kilde: Oslo universitetssykehus

Rapporten konkluderer med at fem personer ble meget alvorlig skadet og 23 personer ble alvorlig skadet (se tabell 2).

Tabell 2: Oversikt over skadegrad for de 28 personene som ble innlagt på sykehus etter brannen i Gudvangatunnelen. Kilde: Oslo universitetssykehus.

Skader	Antall
Lett	Ingen
Alvorlig skade	23 personer
Meget alvorlig skade	5 personer

Vurdering av skadegrad er iht. rapporten gjort med bakgrunn i de definisjonene som er gitt i Statistisk sentralbyrå (SSB) skadestatistikk for Veitrafikkulykker. Med bakgrunn i dette ble totalt 28 personer hardt skadet i henhold til SSBs definisjoner i forbindelse med brannen i Gudvangatunnelen.

Rapporten fra Oslo universitetssykehus vises i vedlegg D.

1.7 Skader på kjøretøy

Brannen i vogntoget startet i motorrommet på motorens venstre side. Den spredte seg raskt, og i løpet av ca. 20 minutter var vogntoget overtent. Da brannvesenet hadde slukket brannen etter ca. 55 minutter var det helt utbrent. Det var kun materialer som ikke var

brennbare igjen av vogntoget. Figur 6 viser vogntoget etter at det var trukket ut av tunnelen. Foto: Statens vegvesen



Figur 6: Vogntoget etter at det var trukket ut av tunnelen. Foto: Statens vegvesen

De andre kjøretøyene som ble stående inne i tunnelen da brannen utviklet seg ble overdekket med sot. En del av disse fikk også innvendige sot og røykskader. Flere av førerne prøvde å evakuere ved å kjøre ut av tunnelen. På grunn av minimal sikt kjørte flere av bilene inn i tunnelveggene, og ble påført til dels store utvendige skader.



Figur 7: Ett av 16 kjøretøy som stod igjen i tunnelen, ca. 7,8 km fra tunnelåpningen på Gudvangen. Foto SHT

1.8 Andre skader og følger av brannen

1.8.1 Skader på tunnelkonstruksjon

I umiddelbar nærhet til brannstedet var alt teknisk utstyr og alle kabler ødelagt som følge av brannen. Fjellet over brannstedet var ubeskyttet, bortsett fra nett og bolter som var festet i deler av tunneltaket. Varmeutviklingen medførte at fjellet sprakk opp og det ble en del nedfall av stein.

I den delen av tunnelen som lå vest for brannstedet (på Gudvangensiden) var det store røyk- og sotskader. Vask av tunnelen i forbindelse med opprydningsarbeidet var utfordrende da det måtte benyttes kjemikalier for å løse opp sotet, og spillvannet måtte håndteres som spesialavfall.

Som følge av nedvaskingen ble det mye fuktighet i det tekniske utstyret. Dette medført at mer utstyr og installasjoner enn det som var skadet i brannen måtte skiftes ut.

1.8.2 Trafikale følger

Brannen førte til at Gudvangatunnelen ble stengt for all trafikk. Stengningen ble varslet på friteksttavler på E16 ved Tregereid, rv 7/E16 ved Hønefoss og på rv 7 ved Gol. I tillegg ble det varslet med skilt ved rv 5 i Sogndal, Kaupanger og Håbakken, rv 7 ved Hol og E 16 ved Voss og Vinje. De første skiltene som ble satt opp var av en midlertidig karakter og hadde noe mangelfull informasjon. Dette bedret seg da Statens vegvesen fikk produsert nye og bedre skilt.

Umiddelbart etter brannen anslo Statens vegvesen at tunnelen ville være stengt i ca. en uke, men det ble etter hvert klart at tunnelen ville bli stengt i opp mot en måned. Som en konsekvens av stengingen ble trafikken mellom Øst- og Vestlandet ledet over Hardangervidda på rv 7 og over Haukeli på E134. Trafikken mellom Bergensområdet og deler av Sogn gikk over Vikafjellet på rv 13.

Flere av ferjesambandene i området fikk en kraftig økning i reisende som følge av omkjøringene. Eksempelvis økte trafikken på ferjesambandet Bruravik-Brimnes med 38 % sammenlignet med året før (i perioden 5. – 17. august), mens ferjesambandet Vangsnes – Hella – Dragsvik hadde en økning på 57 % i perioden 5. august – 30. august sammenlignet med samme perioden i 2012.

Stengningen ga både pendlere, skoleelever og turistnæringen utfordringer. Aurland kommune skysset arbeidstakere fra Gudvangen til Aurland i båt og 19. august satte Statens vegvesen inn hurtigbåt mellom Flåm og Gudvangen for å hjelpe turisttrafikken.

Fra 23. august ble det innført kolonnekjøring for busser uten passasjerer og kjøretøy over 7,5 tonn. Hurtigbåten fraktet personer, mens tunnelen var åpen for kolonnekjøring for busser uten passasjerer fire ganger om dagen. Etter at lysanleggene i tunnelen ble reparert, ble det 30. august kolonnekjøring for alle kjøretøy.

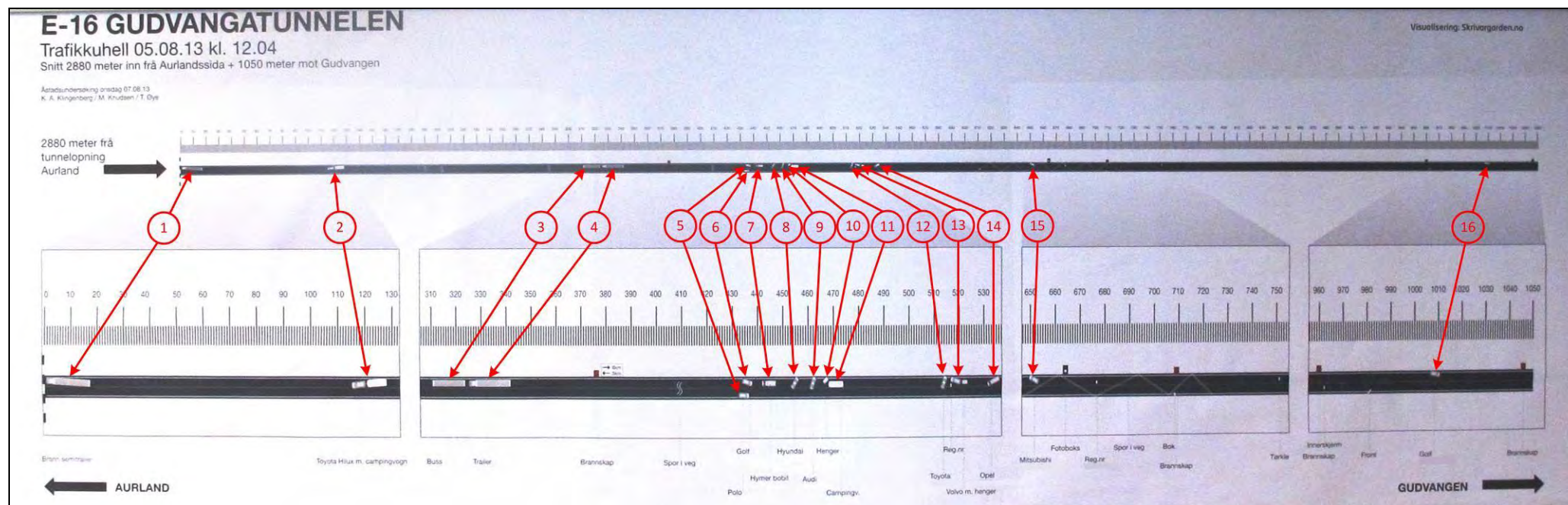
Tunnelen ble åpnet for fri ferdsel en måned etter brannen, torsdag 5. september 2013.

1.9 Hendelsesstedet

Vogntoget som brant stoppet i østgående kjørefelt (i retning mot Aurland) ca. 2880 meter før tunnelutgangen mot Aurland. Vogntoget hadde da tilbakelagt en strekning på ca. 8500 meter inne i Gudvangatunnelen. Føreren kjørte vogntoget ut mot høyre før det stoppet

Det vises til nærmere omtale av skader på trafikanter, kjøretøy og infrastruktur i kapittel 1.6, 1.7 og 1.8

Vogntogets som brant, og de øvrige kjøretøyenes plassering, vises i figur 8.



Figur 8: Posisjonen til vogntoget som brant og de øvrige kjøretøyene som ble fanget i røyken inne i Gudvangatunnelen. Kilde: Skrivargården

Tabell 3: Utfyllende opplysninger om informasjon gitt i figur 8. Kilde: SHT

Posisjon	Kjøretøytype /nasjonalitet	Fører	Passasjerer
1	Vogntoget som brant (polsk trekkbil og svensk semitrailer)	Polsk	
2	Varebil med campingvogn (norsk)	Norsk	En norsk
3	Turistbuss (slovakisk)	Slovakisk	24 kinesiske turister
4	Vogntog (svensk)	Polsk	
5	Personbil (norsk leiebil)	Fransk	Tre franske
6	Personbil (norsk leiebil)	Israelsk	En Israelsk
7	Bobil (tysk)	Tysk	Fire tyske (en voksen og tre barn)
8	Personbil (norsk leiebil)	Fransk	Tre franske
9	Personbil (norsk)	Estlandsk	En norsk
10	Tilhenger som var tilkoblet bil i posisjon 16 – tysk personbil		
11	Campingvogn – var koblet til norsk personbil som returnerte mot Gudvangen	Norsk	Fire personer
12	Personbil (norsk)	Norsk	
13	Personbil med tilhenger (norsk)	Norsk	Et norsk barn
14	Varebil (norsk)	Norsk	En norsk
15	Personbil (russisk)	Russisk	Tre russiske (en voksen og to barn)
16	Personbil (tysk)	Tysk	Tre tyske
-	Ukjent – kjørte selv ut av tunnelen etter 2 timer	Norsk	To norske

1.10 Førereren av vogntoget

Da føreren av vogntoget ikke ønsket å ha samtaler med SHT, er alle opplysninger om han hentet fra politiforklaringen.

Førereren av vogntoget var polsk statsborger, mann 28 år med førerkort i klassene BECE. Han ervervet førerkort i klasse CE i november 2006, og hadde arbeidet som sjåfør fra han fikk førerkort for vogntog. I hele denne perioden kjørte han til Skandinavia. Han hadde arbeidet for forskjellige arbeidsgivere, men hadde de siste to månedene arbeidet for det polske firmaet KAJ.

Den siste turen før brannen startet i Malmø lørdag 3. august 2013 ca. kl. 1200 og han var framme i Bergen natt til mandag 5. august 2013. Returen til Malmø startet etter lossing hos Hansa i Bergen ca. kl. 0930.

1.11 Kjøretøy og last

1.11.1 Vogntoget

Vogntoget besto av en polskregistrert trekkbil og en svenskregistrert semitrailer. Det var i oppdrag for DSV Road Sverige og var på tur uten last til Malmø, etter å ha levert gods i Bergen.

1.11.1.1 *Trekkbil- Renault Magnum 440.19T 4x2*

Trekkbilen var en 2002 modell Renault Magnum 440.19T 4x2. Den var registrert på transportfirmaet P.H.U. KAJ, Polen. Transportfirmaet hadde disponert bilen fra 2007. De kjøpte bilen i 2011, etter å ha leaset den siden 2007.

I følge opplysninger eieren av firmaet har gitt til politiet var bilen inne til service og vedlikehold hver 50 000 km. Det ble i tillegg gjennomført nødvendige reparasjoner når det var behov for det. Trekkbilen ble siste gang godkjent i offentlig kontroll i Polen (tilsvarende periodisk kjøretøykontroll) 29. mars 2013.

1.11.1.2 *Semitrailer – Krone Profi Liner*

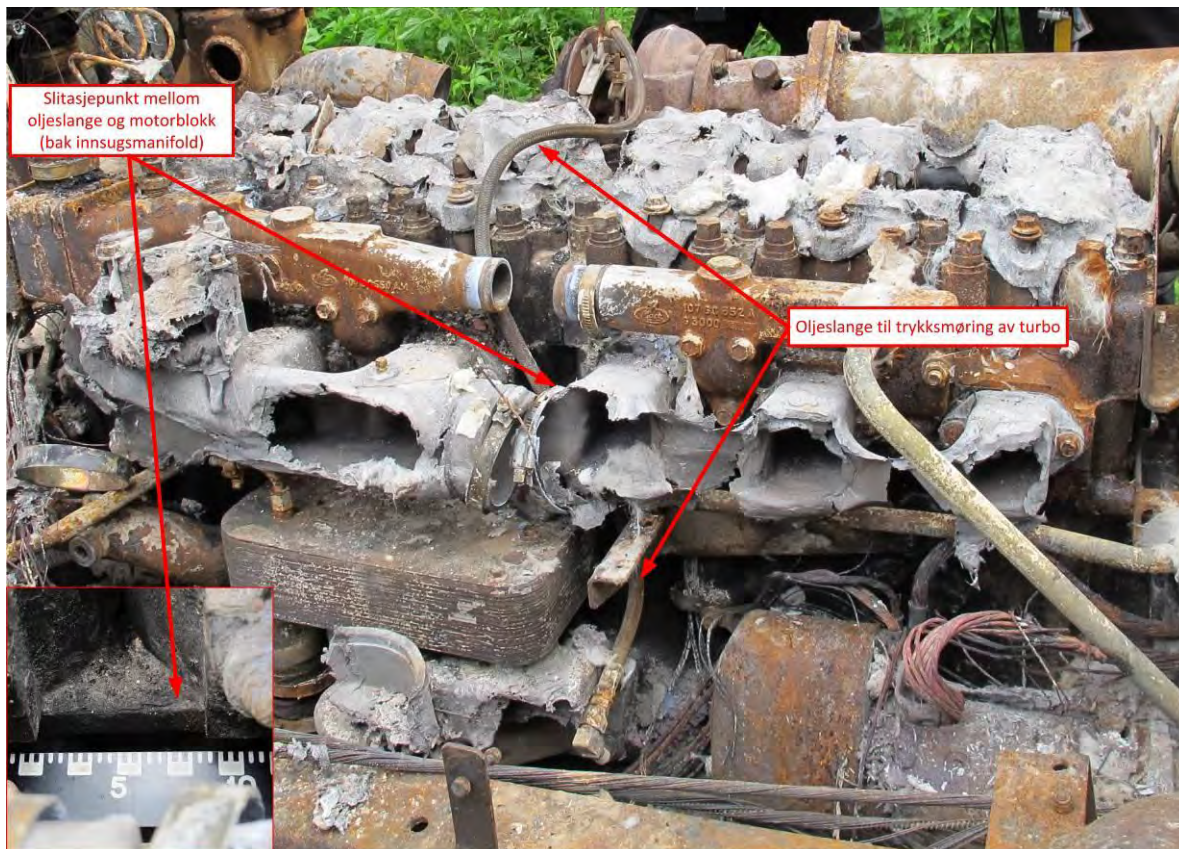
Semitraileren var en 2009 modell Krone Profi Liner. Den var utstyrt med tre aksler og hadde en registrert totalvekt på 41 000 kg. PNO Sverige Aktiebolag var eier av semitraileren, men den ble disponert av DSV Road Sverige.

1.11.2 Kontroll av vogntoget etter brannen

Kontroll av vogntoget etter brannen ble gjennomført av SHT i samarbeid med Kripas.

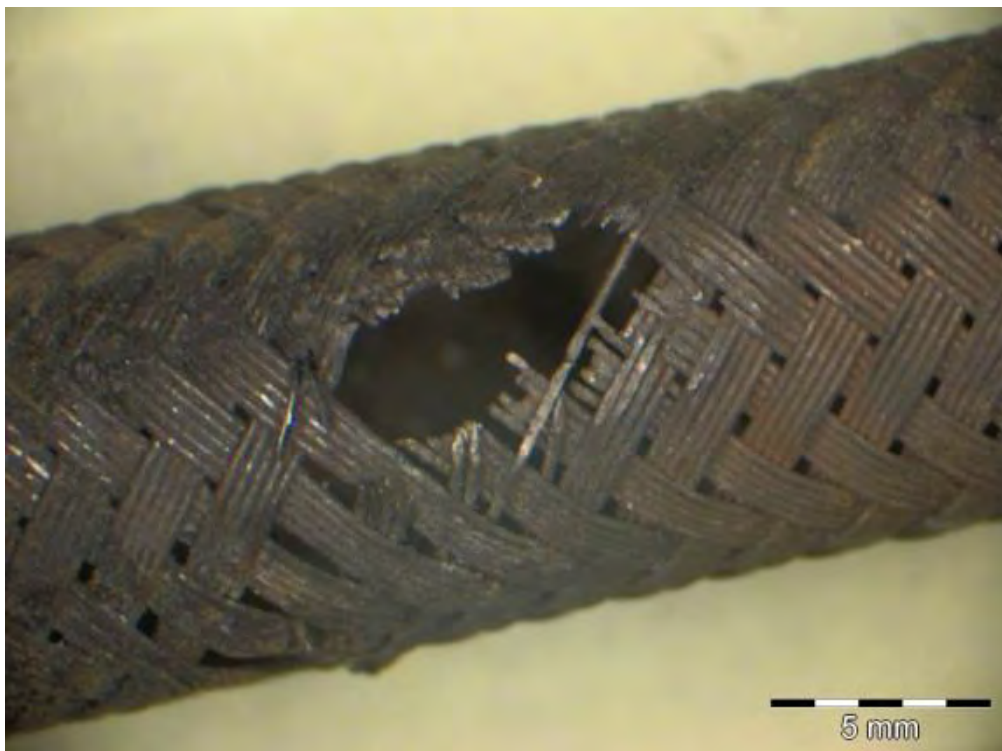
Undersøkelsen viste at det hadde vært størst varmeutvikling på motorens venstre side, da det i dette området ikke var mer brennbart materiale igjen. De fleste aluminiumsdelene i dette området var delvis smeltet og oppbrent. Det samme var gummiforinger til hjuloppheng, støtdempere og førerhyttens venstre opplagring. På motorens høyre side tydet det på at det hadde vært mindre varmeutvikling, da aluminiumsdeler ikke hadde smeltet. Foringene til støtdempere, hjuloppheng og opplagring til førerhytten på høyre side var også intakt.

Ved kontroll for å finne mulig brannårsak, ble det påvist to slitasjehull i beskyttelseskappen til trykkslangen for oljetilførselen til turboen. Denne ledningen går fra oljekjøleren til turboen, og er ført opp mellom innsugningsmanifolden og motorblokken – se figur 9.



Figur 9: Trykkslange mellom oljekjøler og turbo. Innfelt bilde viser slitasjepunkt på motorblokk.
Foto: SHT

Det ene hullet i beskyttelseskappen, som er av vevd stålcord var ca. 10 millimeter langt og ca. 5 millimeter bredt. Det andre hullet var ca. 4 millimeter langt og ca. 1 millimeter bredt. Mellom disse hullene var deler av stålcorden slitt bort, men det var ikke hull i beskyttelseskappen i dette området. Hele slangen som lå på innsiden av beskyttelseskappen var oppbrent.



Figur 10: Detaljbilde av slitasjehull i beskyttelseskappe. Foto: Politiet

I motorrommet ble det i tillegg påvist følgende forhold:

- Det ble påvist spor etter kortslutning i flere av bilens elektriske ledninger
- I spjeldhuset for motorbremsen (ut fra turboen) ble det påvist et hull ca. 1 cm x 1 cm. Dette hullet vendte inn mot motoren.
- Dynamoens bakre del med diodebro og tilkoblinger var smelteskadet.
- Ved demontering av motor og turbo ble det ikke påvist unormale slitasjeskader i bevegelige deler
- På grunn av omfattende brannskader var det ikke mulig å påvise eventuell lekkasje av kjølevæske.
- Kontroll av gjenværende deler av motorens smøreolje viste ikke tegn til at det var kjølevæske blandet i motoroljen.

Det ble ikke gjennomført teknisk kontroll på øvrige deler av vogntoget, da det var helt utbrent og deformert på grunn av varmen fra brannen.

1.11.3 Beregning av branneffekt for vogntog og last

SINTEF NBL AS har på oppdrag fra SHT beregnet branneffekten i vogntoget som brant i Gudvangatunnelen 5. august 2013 (se vedlegg E).

Grunnlaget for beregningene er en toakslet trekkbil av type Renault Magnum 440.19 T 4x2 med en tilkoblet treakslet Krone Profi Liner semitrailer. Ved beregningene er det tatt

utgangspunkt i et ulastet vogntog. Alle brennbare materialer i vogntoget er tatt med i beregningene.

Det er uklart hvor mye diesel som var på trekkbilens tanker da brannen startet. Hvis begge tankene (1200 liter) på trekkbilen var fulle da den startet fra Malmø, har SHT beregnet at gjenværende dieselmengde var rundt 600 liter. Da begge tankene var intakte etter brannen har hoveddelen av forbrenningen av dieselen skjedd gjennom tankenes påfyllingsrør. SINTEFs beregninger viser imidlertid at det er begrenset hvor stor mengde diesel som kan forbrennes gjennom de to påfyllingsrørene i løpet av de 55 minuttene som brannen varte, men mener det kan ha brent ca. 200 liter.

På grunnlag av ovennevnte data har SINTEF NBL estimert branneeffekten til å ligge på ca. 25 MW ved en forbrent mengde på 200 liter diesel. Har derimot forbrent mengde diesel ligget i området opp mot 600 liter blir beregnet branneeffekt 35 – 45 MW.

1.11.4 Øvrige kjøretøy

Da de øvrige kjøretøyene som ble stående inne i tunnelen etter brannen ikke var involvert i den utløsende hendelsen (brannen), har SHT valgt ikke å gjøre ytterligere undersøkelser av disse.

1.12 Vær- og føreforhold

I området mellom Voss og Gudvangen var det overskyet og delvis regn på det tidspunktet det polske vogntoget kjørte inn i Gudvangatunnelen. Veiens asfaltdekke på denne strekningen var vått.

1.13 Gudvangatunnelen – utforming, trafikk og sikkerhetsutrustning

Gudvangatunnelen er en ettløpstunnel som ligger på E16 mellom Aurland og Voss. Tunnelen er 11 428 m lang og ble åpnet for trafikk 17. desember 1991. Tunnelen har en stigning på 3,5 % fra Gudvangen mot Aurland. Den har en høydeforskjell på ca. 300 meter mellom Gudvangen og høyeste punkt, som ligger 300 meter vest for tunnelåpningen ved Langhuso (på Aurlandsiden). Fartsgrensen på hendelsestidspunktet var 80 km/t. Det er etablert automatisk trafikk kontroll (ATK), med to fotobokser i hver retning.

I følge beredskapsplanen datert 5. juli 2006 hadde tunnelen sikkerhetsutrustning som vist i figur 11. Tunnelens sikkerhetsutrustning er tilpasset krav til tunnelklasse B som beskrevet i håndbok 021 – utgave 2002. Da det på åpningstidspunktet ikke var satt spesielle krav til sikkerhetsutrustning har Statens vegvesen valgt å utruste den etter kravene i klasse B. Dette fordi disse kravene lå nærmest det som gjaldt for tilsvarende tunneler på det tidspunktet siste utgave av beredskapsplanen for Gudvangatunnelen ble utarbeidet – se figur 12.

1.5 Tryggjeleiksutrusting

I oppstillinga/oversikta nedanfor har vi lagt handbok 021 *Vegttunneler - normal juni 2002*, til grunn.

Gudvangatunnelen - Tunnelklasse B.

Nr.:	UTRUSTING: ● Krav ○ Vurderast	Tunnel- klasse B	Krav:	Bygt/ Installert:	Kommentar: (Kjeding i retning frå Aurland mot Voss)
1	Havarinisjar	●	Normalavstand 500m ± 50 m	ja	I alt 18 stk havarinisjer. Avstand frå munning til havarinisjer/avstand mellom bygde havarinisjer (m): 900, 400, 500, 500, 700, 400, 700, 1000, 600, 400, 600, 500, 1000, 500, 500, 400, 500, 600, 728.
2	Snunisjer	●	Normalavstand 2000 m ± 100 m.	ja	I alt 6 stk. snunisjer. Avstand frå munning til snunisjer/avstand mellom bygde snunisjer (m): 1300, 2100, 2300, 1500, 1500, 1400, 1328.
3	Straumforsyning	●		ja	Aurland Energiverk
4	Belysning	●		ja	450 stk. 35 W lågtrykksnatrium lamper c/c om lag 25 m. Inngangs-/overgangssoner har ekstra belysning.
5	Ventilasjon	●		ja	90 stk. vifter à 21 kW. Plasserte i 4 stk. grupper à 20 stk. vifter, og 1 gruppe à 10 stk. vifter.
6	Avbrotstfri straum-forsyning	●		ja	For naudskåp, kommunikasjonsanlegg og lys i havarinisjer.
7	Naudtelefonar	●	Normalavstand 500 m. I tillegg 1 stk. utanfor tunnelmunningane.	ja	I alt 20 stk. naudtelefonar. Avstand frå munning til telefon/avstand mellom telefonar (m): 367, 590, 480, 500, 470, 650, 520, 640, 1020, 610, 480, 580, 470, 520, 520, 520, 450, 520, 460, 620, 441.
8	Brannsløkkings-apparat	●	Normalavstand 250 m. I tillegg 1 stk. utanfor tunnelmunningane.	ja	I alt 42 stk. apparat. Avstand frå munning til apparat/avstand mellom apparat (m): 117, 250, 290, 300, 240, 240, 250, 250, 250, 220, 330, 320, 250, 270, 340, 300, 300, 470, 250, 320, 290, 230, 250, 250, 330, 250, 220, 250, 270, 250, 270, 250, 220, 230, 270, 250, 210, 250, 290, 330, 230, 211.
9	Sløkkevatn	●		nei	Tankvogn.
10	Raudt stoppblinksignal	●		ja	
11	Fjernstyrte bommar for stenging	○		nei	Ikkje i bruk i Sogn
12	Variable skilt	○		nei	
13	Kommunikasjons- og kringkastingsanlegg	●		ja	
14	Mobiltelefondekning i tunnelen	○		ja	Telenor og Netcom
15	Høgdehinder (avvisar)	●		ja	Ved vestlege tunnelportal.

Gjeld punkt 9:

Kompenserande tiltak: Det er ytt tilskot til Aurland kommune til kjøp av tankvogn med tilstrekkeleg kapasitet, 6 m³.

Gjeld punkt 15:

Kompenserande tiltak: Ingen.

Retting av avvik: Etablering av høgdehinder ved austlege portal vil bli utført.

Andre opplysningar:

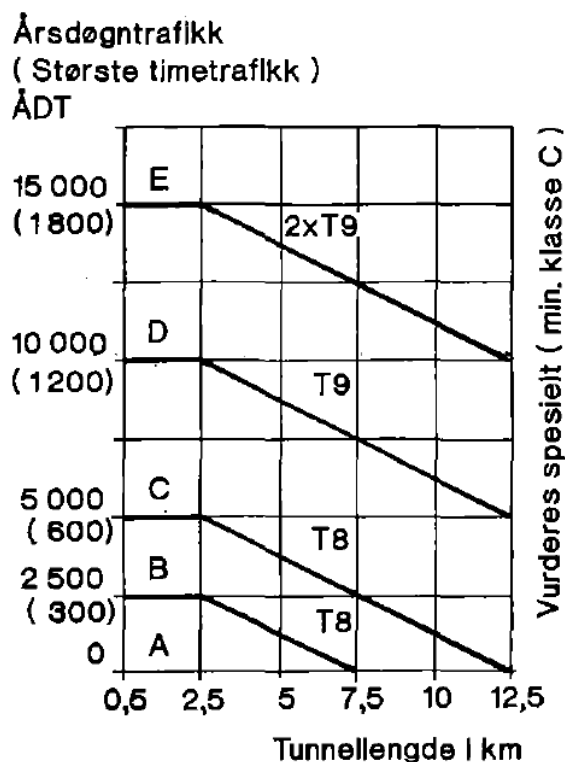
Udekk PE-skum: Totalt om lag 151 m².

Figur 11: Tabellen er hentet fra Gudvangatunnelens beredskapsplan og viser tunnelens sikkerhetsutstyr før brannen. Tunnelen var utstyrt med 92 vifter (ikke 90) og 21 nødtelefoner (ikke 20). PE skummet ble dekket med sprøytebetong i 2012. Kilde: Statens vegvesen – beredskapsplan for Gudvangatunnelen pr. 05.07.2006

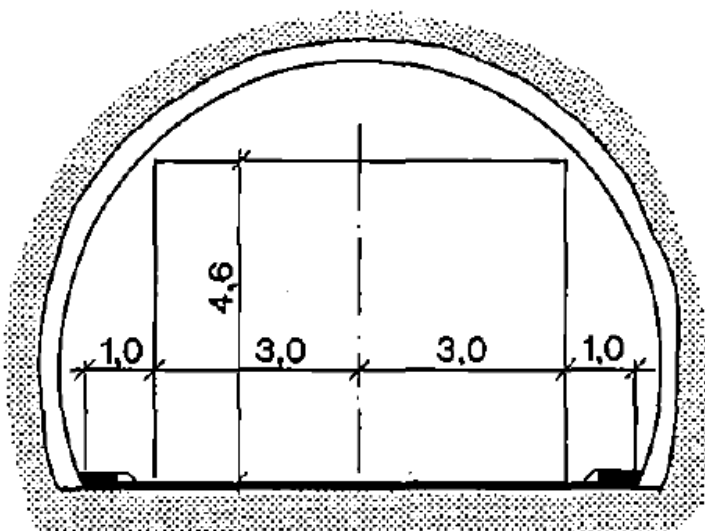
1.13.1 Tunnelklasse og tunnelprofil

Gudvangatunnelen er prosjektert og bygget etter de forskriftene og retningslinjene som gjaldt på byggetidspunktet. Tunnelen har en T8 tunnelprofil og er i følge Statens vegvesen Region vest prosjektert etter tunnelverrsnitttype C i den gamle vegnormalen «Vegutforming» fra 1981. I denne normalen var det ingen krav om havarinisjer eller

snu plasser. Arbeidet med Statens vegvesens håndbok 021 – Vegtunneler (1992) var kommet i gang før Gudvangatunnelen ble ferdig, og det ble derfor sprengt en del havarinisjer og seks snuplasser omtrent etter kravene i den nye håndboka.



Figur 12: Tunnelklasser. Kilde: Statens vegvesens Håndbok 021 - Vegtunneler (1992)



Figur 13: Tunnelprofil T8. Kilde: Statens vegvesens Håndbok 021 - Vegtunneler (1992)

1.13.2 Tunnelkonstruksjon

Deler av tunnelen er dekket med PE-skum (Polyetylen) – til sammen 151 m². Dette PE-skummet ble i 2012 dekket med sprøytebetong. På brannstedet var det ikke PE-skum, men fjellet over kjørebanen var sikret med nett og bolter.

1.13.3 Rømningsveier og rømningslys

Det forutsettes at evakuering foretas gjennom tunnelåpningene på Gudvangensiden og Aurlandsiden, da tunnelen ikke har andre rømningsveier. Tunnelen hadde ikke rømningslys, men det var informasjonsskilt på alle nødtelefonkap som viste avstand til de respektive tunnelåpningene.

1.13.4 Ventilasjon

1.13.4.1 *Teknisk beskrivelse*

Gudvangatunnelen har langsgående ventilasjon med luftinntak og -uttak gjennom tunnelåpningene. Høydeforskjellen i tunnelen medfører store variasjoner i den naturlige trekken over døgnet og året, men på hendelsesdagen gikk trekken i retning fra Gudvangen mot Aurland.

Det er til sammen 92 vifter i tunnelen. Disse er plassert i fem grupper. De 60 viftene nærmest Gudvangen har 12 kW motor og like stor skyvekraft i begge retninger. De 32 viftene på Aurlandsiden av tunnelen har 22 kW motor og størst skyvekraft mot Gudvangen. Ved reversering av viftene mot Aurland blir skyvekraften nesten halvert. I hele 2013 hadde 8 av de 92 viftene vært ute av drift. På grunn av at ventilasjonsanlegget er gammelt og utslitt er 5 – 10 vifter jevnlig demontert for reparasjon. Statens vegvesen har erfart at minimum 65 vifter må være intakt for at anlegget skal kunne levere brannventilasjon på 1 – 2 m/s, slik det framgikk av beredskapsplanen på hendelsestidspunktet. Dersom færre enn 65 vifter er intakt vil tunnelen bli stengt.

I den daglige driften blir ventilasjonsnivået regulert automatisk gjennom måling av NO₂-nivået på fem ulike målepunkt gjennom tunnelløpet. Dersom det registreres høye konsentrasjoner av NO₂ vil viftene starte automatisk mot den enden av tunnelen som har høyest konsentrasjon.

Viftene var i utgangspunktet dimensjonert for en årsdøgntrafikk (ÅDT) på 1000 kjt/døgn og maskimal timetrafikk på 250 kjt/time. Ventilasjonsanlegget ble dimensjonert til å kunne håndtere en brann på 5 MW, men har en kapasitet til ca. 20 MW. Nødvendig viftekapasitet for å nå en brannventilasjon på 1 – 2 m/s vil variere med klimatiske forhold og trafikkmengde. På hendelsestidspunktet var det tilstrekkelig med 26 vifter for å oppnå denne lufthastigheten.

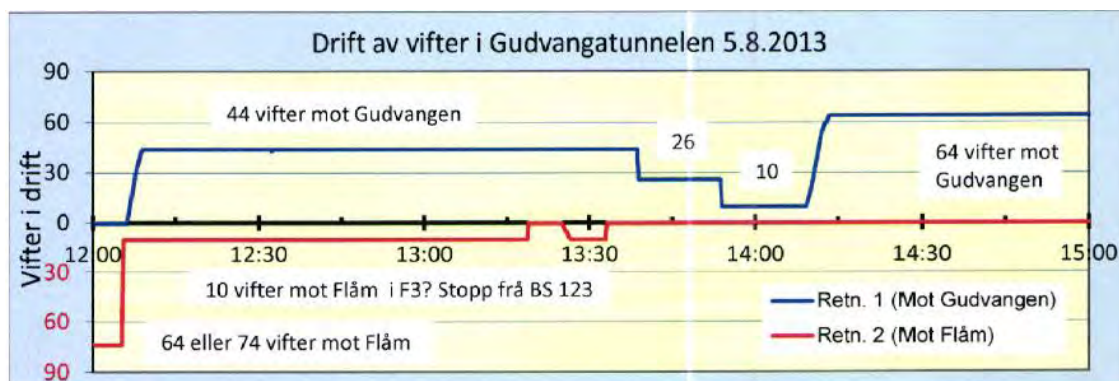
Viftestøy vanskeliggjør muntlig kommunikasjon via tunnelens nødtelefoner. For ca. 10 år siden ble det besluttet at det skulle programmeres inn automatisk stopp av viftene ved åpning av dørene til telefon- eller brannskap. Denne beslutningen ble gjort på bakgrunn av erfaringer fra tilsvarende system i Lærdalstunnelen. Systemet fungerer slik at andre vifter lenger unna automatisk gir større effekt for å kompensere for de viftene som skrus av når skapene åpnes. Alle viftene startes opp igjen automatisk med 10 sekunders mellomrom når skapene stenges. Dersom skapdørene forblir åpne, kan VTS overstyre stoppfunksjonen etter ordre fra brannvesenet.

1.13.4.2 Bruk av ventilasjon ved brannen

Styring av ventilasjonsanlegget i forbindelse med brann i Gudvangatunnelen utføres normalt av VTS etter rutiner fastlagt i samarbeid med brannvesenet. Brannvesenet kan ved behov be VTS avvike fra fastlagte rutiner. Brannvesenet har også mulighet til selv å styre ventilasjonsanlegget fra styringsskap på utsiden av begge tunnelåpningene.

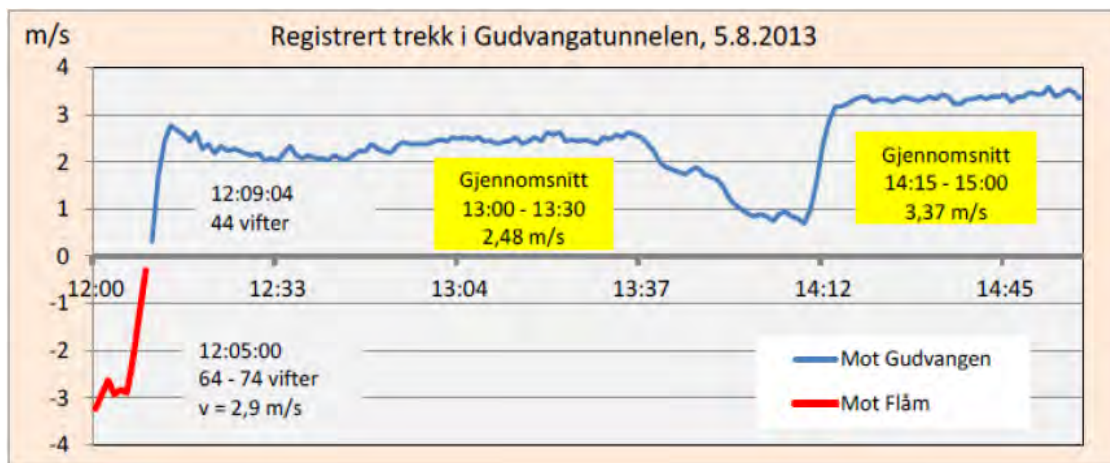
Før brannen startet gikk trekken mot Aurland, og ventilasjonsanlegget gikk med nesten full kapasitet i samme retning (74 av 84 tilgjengelige vifter). Da melding om brann ble mottatt av VTS ble ventilasjonsanlegget satt i brannmodus, som i følge beredskapsplanen på hendelsestidspunktet tilsa en lufthastighet på 1 – 2 m/s i retning fra Aurland mot Gudvangen. I følge opplysninger fra VTS var styringen av brannventilasjon programmert til å gi en lufthastighet på 2,5 m/s når den ble aktivert, mens full brannventilasjon var programmert til å gi en lufthastighet på 3,6 m/s.

Da ventilasjonsretningen ble snudd startet 44 av viftene å blåse mot Gudvangen, mens 10 av viftene fremdeles blåste mot Aurland. De 10 viftene fortsatte å blåse mot Aurland i rundt halvannen time etter at ventilasjonsretningen var snudd mot Gudvangen. Ved reversering av trekkretningen ble lufthastigheten redusert fra ca. 3 m/s i retning mot Aurland til ca. 2 m/s i retning mot Gudvangen. Den gjennomsnittlige lufthastigheten i retning mot Gudvangen var 2,48 m/s i tidsrommet mellom kl. 1300 og 1330 – se figur 15.



Figur 14. Drift av vifter i Gudvangatunnelen 5.august.2013. Kilde: Statens vegvesen

I tidsrommet mellom kl. 1337 og 1412 stoppet først 18 av de 44 viftene, og deretter stoppet ytterligere 16 vifter. Årsaken til at viftene stoppet var høyst sannsynlig at telefon/brannskap ble åpnet (se kapittel 1.13.4.1). I en periode på rundt 15 minutter (mellom kl. 1354 og 1409) var kun 10 vifter i drift mot Gudvangen. På det tidspunktet hadde også de 10 viftene som tidligere blåste i retning mot Aurland stoppet – se figur 14. Dette resulterte i at lufthastigheten i retning mot Gudvangen i en periode var nede i ca. 0,8 m/s.



Figur 15. Registrert trekk i Gudvangatunnelen 5.august2013. Kilde: Statens vegvesen

Ca. kl. 1409 begynte VTS å startet viftene manuelt, og kl.1413 ventilerte 64 vifter mot Gudvangen. Lufthastigheten kom da opp i en gjennomsnittshastighet på 3,37 m/s.

1.13.5 Belysning

Tunnelen har belysning med 450 stk. 35 W lavtrykkslamper med en innbyrdes avstand på ca. 25 meter. Inngangs-/overgangssonene har ekstra belysning. I hvert skap for brannapparat er det egen belysning som blir dekket av nødstrøm ved strømstans. Disse lysene vil tenne som ledelys ved strømstans, men er i følge Statens vegvesen ikke tilstrekkelig ved røykutvikling i tunnelen.

På hendelsestidspunktet var en av lyskursene i tunnelen slått av på grunn av jordfeil. Det resulterte i en mørklagt strekning på ca. 1000 meter som startet ca. 7 kilometer fra innkjøringen på Aurlandsiden av tunnelen. Den mørklagte strekningen var merket med skilt «annen fare» med underskilt «lys mangler».

Lyset over brannstedet var intakt inntil kabelen smeltet som følge av brannen, med det resultat at kursen kortsluttet og overstrømsvern ble løst ut. Tidspunkt da sikring ble koblet ut var 5. august 2013 kl. 1209.

1.13.6 Kommunikasjon og samband

1.13.6.1 Radioanlegget i tunnelen

Det er installert tre radiokanaler i tunnelen:

- Redning 2 (felles tofrekvent redningskanal for alle nødetater)
- HE37 felles VHF kanal for helse og brann
- PK4 politi

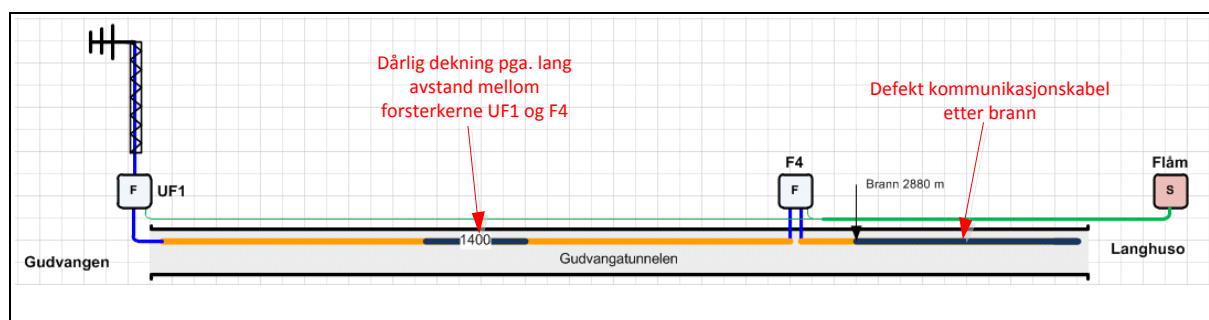
Gudvangatunnelen er i tillegg utstyrt slik at det er mulig å få trafikkinformasjon gjennom radio på NRK P1 til kjøretøy som er inne i tunnelen. Innsnakk kan enten gjøres av VTS eller gjennom styringspanelet som er montert på Gudvangensiden av tunnelen. I tillegg kan innsnakk gjøres fra teknisk rom ved Flenjatunnelen, som ligger ca. 800 meter fra inngangen til Gudvangatunnelen.

Som beskrevet i kapittel 1.5.2 ble kommunikasjon mellom redningspersonellet internt og mellom redningspersonellet og de respektive operasjonssentralene vanskeliggjort som følge av at sambandet inne ved brannstedet i tunnelen ikke fungerte.

Radioanlegget i Gudvangatunnelen har ikke to-veis mating av strålekabelsegmenter⁵. Ved denne type anlegg vil en feil på en forsterker eller brudd i en strålekabel medføre at hele eller deler av tunnelen mister publikumsvarslingen via kringkasting. Nødetatens kommunikasjon vil også falle ut i de samme områdene.

Strålekabelen som er montert i taket i tunnelen er svært sårbar for varme. Vurderinger gjennomført av Statens vegvesen etter brannen indikerer at strålekabelen mellom brannstedet og tunnelåpningen på Aurlandsiden falt ut relativt raskt etter at brannen startet og sannsynligvis før lyskursen ved brannstedet falt ut (5. august 2013 kl. 1209).

Gudvangatunnelen har et område på 1400 meter midt inne i tunnelen med dårlig dekning. Da også flere andre tunneler i Aurland kommune har dårlig eller ingen radiodekning hadde Statens vegvesen Region vest utstyrt Aurland brannvern med en bærbar forsterker for å kompensere for dette. Rekkevidden for den type utstyr kan være variabel alt etter hvor i tunnelene en befinner seg.



Figur 16: Oversikt over sambands- og radiodekningen i Gudvangatunnelen etter brannen 5. august 2013. Kilde: Statens vegvesen

1.13.6.2 Test av radioanlegget etter hendelsen

Radiosambandet ble testet av Mesta Elektro 31. juli 2013 (før hendelsen) sammen med/opp mot brannvernet i Aurland. Resultatet fra denne testen var at sambandet var i orden.

Statens vegvesen gjennomførte en ny test av radiosambandet 6. august 2013 (dagen etter hendelsen), da det under redningsaksjonen ble meldt inn at redningskanalen ikke virket. Resultat etter test viste at redningskanalen fungerte. Det ble foretatt to test-anrop fra VHF-apparat i tunnel ved skadestedet opp mot politiets operasjonssentral. Det ble gitt tilbakemelding om sterk og klar lyd fra politiet.

Det ble foretatt ytterligere en test av Redningskanal 2 den 8. august 2013. Denne testen ble utført per 500 meter fra skadestedet og helt til Gudvangen. Det var sterk og klar tale bortsett fra kjent dødsone midt i mellom radioforsterker tekniske bygg UF1 og F4 (se figur 16). Test av HE37 (brann og helse) ble også foretatt 8. august etter samme modell og med samme resultat. PK 4 ble testet med tilbakemelding om noe uklar lyd fra tunnel mot operatør hos politiets operasjonssentral i Florø. I følge Statens vegvesen er det

⁵ Kommunikasjonskabel som er montert i tunneltaket

tidligere rapportert inn at politiets base i det fri har problem og de mener dette trolig er årsak til uklar lyd den ene veien.

1.13.7 Skilting, lyssignal og bomber

Gudvangatunnelen er utstyrt med røde stoppblinksignal på utsiden av hver tunnelåpning. De røde stoppblinksignalene kan fjernstyres fra VTS, og ble aktivert da tunnelen ble stengt etter brannen. Tunnelen var ikke utstyrt med bomber ved tunnelåpningene.

I tillegg er tunnelen utstyrt med innvendig belyste skilt med tekst «Snu og køyr ut - Turn and exit» med røde blinklys, i begge kjøreretninger – se figur 17. Disse skiltene er montert i forbindelse med snunisjer og kan aktiveres automatisk når brannslukningsapparat fjernes i tunnelen, eller manuelt fra VTS. Da tunnelen ble stengt manuelt fra VTS ble automatikken for styring av disse skiltene automatisk slått av. Skiltene ble heller ikke aktivert manuelt fra VTS, da de på det aktuelle tidspunktet ikke hadde fått bekreftet hvor det brennende vogntoget sto i tunnelen.



Figur 17: Skilt som kan vises ved stenging av tunnelen. Foto: SHT

1.13.8 Rutiner for stenging, evakuering og radioinnsnakk ved hendelser i tunnelen.

Rutiner for evakuering- og radioinnsnakk ved hendelser i tunnel er beskrevet i Aurland brannverns rutiner for utrykning til tunnel, instruks for Brannvesenets 110-sentral i Sogn og Fjordane og Statens vegvesen v/VTS sin innsatsplan ved stenging av E16 – Gudvangatunnelen.

I Aurland brannvern og 110-sentralen i Sogn og Fjordanes dokumenter står det blant annet skrevet:

Aurland brannverns rutiner for utrykning til tunnel.

Huskeliste ved utrykning og ved ankomst:

- Er tunnelen stengt? Syte for avsperring
- Er tunnelen evakuert? Be VTS varsle trafikantar med innsnakk på P1. Kan også varsle frå naudstyreskap i Flenja-, Gudvanga- og Lærdalstunnelen.

- *Er ventilasjonsviftene i gong. Ved fjerning av eit brannsløkjingsapparat startar brannventilasjonen automatisk. Desse kan styrast automatisk i naudstyreskap.*
- *Er det trygt å køyre inn i tunnelen? Fagleiar brann klarerer tunnelen for innkøyring av andre naudetater om der er nokon som helst tvil utifrå meldingar undervegs.*
-

110-sentralen i Sogn og Fjordane instruks for hendingar i tunnel

Instruks for ALSF ved hendingar i tunnel

Ved bruk av Naudtelefon

- *Vi overtek innringar*
- *Vi gir VTS beskjed om å stenge / sette på rødt lys.*
- *Ventilasjon styrer dei etter rettledning frå brannsjef/utrykkingsleiar via oss.*
- *Vi varslar naudetatane (politi - amk)*
- *Når vi mottar nødtelefon / mobil frå andre enn vegtrafikkssentralen varslar si VTS Lærdal eller Bergen*
-

I Statens vegvesen v/VTS sin innsatsplan ved stenging av E16 – Gudvangatunnelen er det beskrevet at telefoner til VTS skal settes i konferanse med 110-sentralen i Sogn og Fjordane når de mottar anrop fra tunnelens nødtelefoner. 110-sentralen overtar da kommunikasjon med innringer, slik det er beskrevet i ovennevnte sitat fra instruksen til 110-sentralen i Sogn og Fjordane.

Ved ulykker eller hendelser i tunnelen, hvor politi eller annen skadestedsledelse ikke er til stede, kan VTS bryte inn på NRK P1 for å informere trafikanter om hendelser i tunnelen. Dette gjøres på eget initiativ, når de mener det er nødvendig. I de tilfellene det er brann gis det klare føringer om at VTS skal forholde seg til skadestedsleder, og ikke iverksette innsnakk på radio før skadestedsleder har gitt beskjed om det.

Aurland brannvern opplyser at de kun forholder seg til 110-sentralen i Sogn og Fjordane når de er under utrykning og er i innsats på brann og ulykkessteder. De forutsetter da at 110-sentralen videreformidler alle meldinger, og tar ansvar for innkalling av evt. ekstramannskaper og utstyr når brannvesenet gir beskjed om det.

Ved brannen i Gudvangatunnelen ba Aurland brannvern 110-sentralen i Sogn og Fjordane om å informere bilistene som ikke kom seg ut av tunnelen om å bli i bilene til de ble reddet, og puste gjennom våte klær.

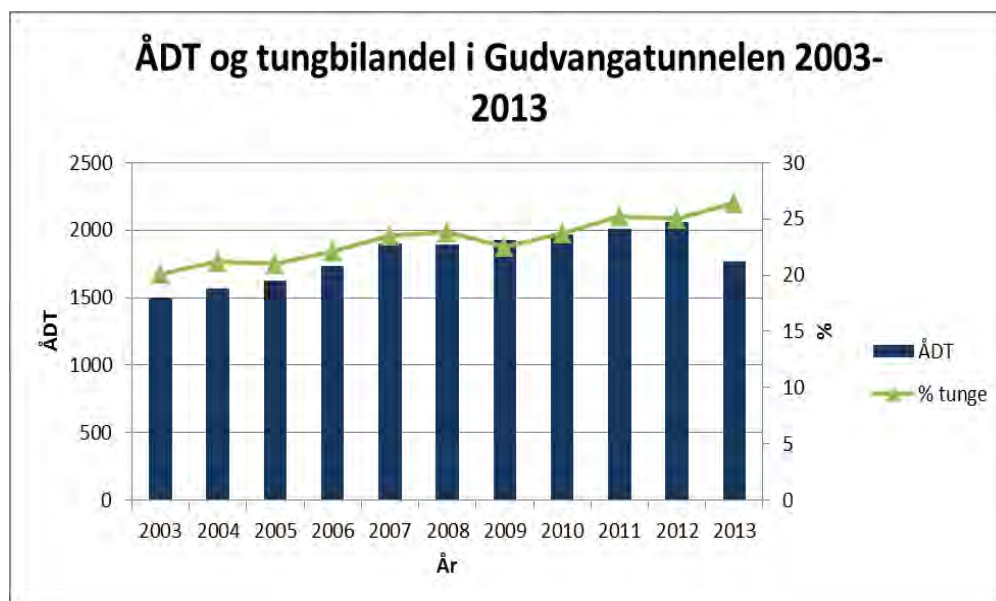
SHT har ikke informasjon som tilsier at VTS fikk beskjed fra 110-sentralen om å iverksette innsnakk på radio. VTS stilte heller ikke spørsmål til 110-sentralen, om de mente innsnakk burde gjennomføres.

Som beskrevet i kapittel 1.13.7 ble skiltet «Snu og køyr ut - Turn and exit» ikke aktivert, da brannstedets lokalisering ikke var bekreftet.

1.13.9 Trafikkmengde og -sammensetning

Gudvangatunnelen er utstyrt med tellepunkt for registrering av trafikkmengde. To av disse tellepunktene er koblet opp mot fotobokser (Automatisk trafikkontroll – ATK) som er montert inne i tunnelen. Tellepunktene i Gudvangatunnelen er ikke koblet opp mot VTS, slik at de har kontinuerlig oversikt over antall kjøretøy som til enhver tid er inne i tunnelen.

I følge tall fra Statens vegvesen var ÅDT-verdien for Gudvangatunnelen i 2012 på om lag 2050 kjøretøy./døgn. Trafikkmengden varierer over året, med en topp i juli på 3760 kjøretøy/døgn. Det er også en markant økning i helgene som følge av helgeutfart.



Figur 18: Trafikktutviklingen i Gudvangatunnelen fra 2003 til 2013. Kilde: Statens vegvesen.

Figur 18 viser trafikktutviklingen i Gudvangatunnelen i perioden 2003 til 2013. Trafikkveksten de siste ti årene er beregnet til å ligge på omlag 3,6 %. Den tydelige nedgangen i 2013 skyldes at tunnelen var stengt som følge av brannen. Gudvangatunnelen hadde i 2012 en tungbilandel på 25,2 %.

1.14 Sikkerhetsoppfølging av Gudvangatunnelen

1.14.1 Beredskapsplan for Gudvangatunnelen

Siste beredskapsplan for Gudvangatunnelen er datert 5. juli 2006 og er utarbeidet av Statens vegvesen Region vest. På grunnlag av informasjon SHT har fått fra Aurland brannvern, har de ikke vært involvert i revisjon av beredskapsplanen som er datert 5. juli 2006.

Beredskapsplanen inneholder i del S1 opplysninger om Gudvangatunnelens tekniske utrustning og bruken av dette. En stor del av den informasjonen er gjengitt i denne rapportens kapittel 1.13. I tillegg omhandler beredskapsplanen en risikoanalyse, som er gjengitt i del S2 (se kapittel 1.14.2).

Beredskapsplanen inkluderer i tillegg egne vedlegg som omhandler Innsatsplan for tunnelen og Innsatsplan for Statens vegvesen v/VTS. Beredskapsplanen mangler

vedleggene som omhandler «Innsatsplan Brannvesenet» og «Innsatsplan AMK». Politiet lager ikke innsatsplaner for den særskilte tunnel, men innarbeider Statens vegvesen sine beredskapsplaner i Redningsplanen for Sogn og Fjordane politidistrikt.

SHT har fått oversendt Aurland brannverns rutiner for utrykning til tunnel. Dette er generelle rutiner for utrykning til tunnel, og er ikke spesifikt rettet mot innsats i Gudvangatunnelen.

1.14.2 Risikoanalyser for Gudvangatunnelen

I tillegg til risikoanalysen i beredskapsplanens del S2 ble det i april 2013 gjennomført en risikoanalyse som en del av arbeidet med oppgradering av tunnelen i forbindelse med innføring av tunnelsikkerhetsdirektivet. Begge risikoanalysene beskriver blant annet problemstillingene rundt brann, røyk og ventilasjon/røykstyring.

1.14.2.1 *Risikoanalyse 2006 – beredskapsplanens del S2*

Risikoanalysen fra 2006 inkluderer underkapitler om generelle betraktninger, farlig gods, dimensjonerende scenarioer/uønskede hendelser, frekvens for hendelser og risikomatrise. Det er også en drøfting av Statens vegvesens tiltak for å hindre og redusere skadeomfang ved brann og ulykker.

Følgende er hentet fra risikoanalysen:

2.1 Generelt

...

Bilbrann kan få alvorligere omfang inne i en tunnel enn utenfor. Sterk røykutvikling vil gjøre det vanskelig for folk å orientere seg og komme seg ut av tunnelen. Brannvernet vil ha vanskelige arbeidsforhold på grunn av sterk varmeutvikling, høy røyktemperatur og vanskelige orienteringsforhold. Brannvernet kan bare angripe en brann med ventilasjonsretningen (trekken i ryggen) selv om det blir brukt røykdykkerutstyr.

...

2.6.2.1 Tiltak for å redusere skadeomfang

1. Tiltak som gjør trafikantene i stand til å slukke en brann

Det er installert brannslukningsapparat i avstand varierende fra om lag 210 til 470 meter, i tunnelen. I alt 42 stk. apparat.

2. Tiltak som gir mulighet for rask varsling, rask stenging og kommunikasjon med 110-sentral og VTS:

Det er installert nødtelefoner i avstand varierende fra om lag 450 til 620 meter, i tunnelen. I alt 20 stk. telefoner. Nødtelefonene går direkte til 110-sentral. Det er videre montert rødt stoppblinksignal foran tunnelmunningene for rask stenging av tunnelen, slik at ikke flere trafikanter blir involvert i brannen.

3. Tiltak som sikrer trygg og effektiv evakuering av personer som er truet av røyk og brann:

Det er montert vifter – brannventilasjon. Brannventilasjonen kan startes og styres både fra vegtrafikksentralen (VTS) og fra nødstyreskapet. Tunnelen har snu- og

havarinisjer som gjør det mulig for kjøretøy å snu inne i tunnelen. Skilt med teksten «Snu og kjør ut / Turn and exit».

4. Tiltak som letter brannvesenets innsats i tunnelen:

Det er montert brannventilasjon, slik at en kan blåse røyken i en bestemt retning.

1.14.2.2 Risikoanalyse april 2013 – «E16 Gudvangatunnelen. Risikoanalyse af vejttunnel» (Matrisk)

Risikoanalysen er utarbeidet av det sveitsiske konsulentfirmaet Matrisk, på oppdrag fra Statens vegvesen Region vest.

Risikoanalysen omtaler i kapittel 12 ventilasjon og røykstyring, og konsekvenser av forskjellige scenarier ved en eventuell brann i Gudvangatunnelen. I risikoanalysens kapittel 12.4 heter det:

12.4 Specielle forhold ved ventilation af tunneler med trafik i to retninger

12.4.1 Situation

Det specielle ved ventilation af brand ved tunneler med tovejs trafik er, at der må forventes at være køretøjer (og dermed personer) på begge sider af branden. Da tunnelen er over 11 km lang, kan der samle sig et større antal personer i tunnelen, før stængningen af tunnelen er effektiv. Under alle omstændigheder er en effektiv alarmering af branden (med for eksempel videoovervågning, AID, røgmeldere, telefoner, mobil net mm) vigtigt, således at VTS kan få op-lysning om branden i tunnelen og dernæst kan stænge tunnelen (det er vigtigt at der kan tages hurtig aktion og at der findes effektive midler til at stænge tunnelen (stoplys-anlæg, variable skilte og bomme).....

I kapitlet «Ventilationsstrategier» beskrives følgende:

Ventilationsstrategier

Der er generelt tre mulige strategier for ventilation i en tovejs tunnel: høj strømningshastighed, ingen strømningshastighed og lav strømningshastighed. Disse tre strategier er illustreret i figur 12.2

Man bør ikke vende (snu) ventilationsretningen da dette kan fylde tunneltværsnittet med røg i den tid hvor ventilationen vendes. Hvis personer flygter i den retning, der er røgfri før vending af strømningsretningen, vil de efter vending af ventilationen blive indhentet af røgfanen og udsat for kritiske koncentrationer af røg. Ved vending af ventilationen giver man ikke trafikanterne nogen mulighed for at flygte.

I vurderingene i risikoanalysens kapittel 12.6 heter det:

..... Det er kun tilrådeligt at vende (snu) ventilationen, hvis 1) denne operation kan gjennomføres så tidlig i branden, at der ikke er nogen væsentlig brandudvikling, og evakueringen ikke er påbegyndt, eller 2) operationen først foretages, når alle personer er flygtet til et sikkert område. For at kunne sikre sig at dette er tilfældet, skal der mindst være videoovervågning i tunnelen, og selv med dette udstyr er det vanskelig helt å sikre sig, at ventilationen ikke forårsager en fare for de flygtende.

1.14.3 Oversikt over branner og branntilløp i Gudvangatunnelen

Statens vegvesen Region vest har registrert to branntilløp i Gudvangatunnelen periode 2002 – 2013. Den første skjedde 8. juni 2008 og den andre 28. mars 2011. Begge branntilløpene var i kjøretøy med registrert totalvekt over 3500 kg. Da verken Statens vegvesen eller DSB på hendelsestidspunktet hadde system for spesifikk registrering av branner i veitunneler, har det ikke vært mulig å framskaffe oversikt over evt. branner eller branntilløp i Gudvangatunnelen før 2002.

I «Utvidet rapport – Trailerbrann i Gudvangatunnelen 05.08.2013» utarbeidet av Aurland brannvern blir det opplyst at det siden 2001 har vært 10 branner i Gudvangatunnelen, uten at disse er tidfestet.

1.14.4 Øvelser i Gudvangatunnelen

I Statens vegvesens håndbok R511- Sikkerhetsforvaltning av vegtunneler – 2007 (HB R511) beskrives det hvordan øvelser i tunneler skal gjennomføres. Intensjon med øvelser er ifølge håndboken å lære for å forbedre innsatsen ved neste hendelse. Evakuering og selvredning er ikke beskrevet som øvelsespunkt i HB R511 i forbindelse med øvelser i tunnel.

HB R511 beskriver at det skal gjennomføres redningsøvelser for at de forskjellige redningsetatene skal kunne øve på samarbeid inne på skadestedet. Øvelser i naturlig størrelse skal holdes hvert annet år, mens deløvelser og/eller simuleringsøvelser bør holdes hvert år i mellom de store øvelsene.

Statens vegvesen opplyser at det ble gjennomført 4 øvelser i Gudvangatunnelen (januar 2004 – november 2009) før brannen 5. august 2013. Ved gjennomgang av dokumentasjon fra disse øvelsene viser det seg at det dreier seg om funksjonstest av deler av det utstyret som er montert i tunnelen. Forskrift 26. juni 2002 nr. 847 om brannforebyggende tiltak og tilsyn (forebyggendeforskriften) setter krav til at særskilte brannobjekter skal ha regelmessige øvelser som står i forhold til risikoen i objektet. Tester gjennomført av Statens vegvesen kan oppfylle en del av de kravene som er satt i paragraf 3-3 – Opplæring og brannøvelser i ovennevnte forskrift. Utrykningsetatene har ikke deltatt i disse testene.

I «Utvidet rapport – Trailerbrann i Gudvangatunnelen 05.08.2013» utarbeidet av Aurland brannvern blir det opplyst at det er gjennomført en samvirkeøving i Gudvangatunnelen før åpningen i 1991, og en samvirkeøving i Flenjatunnelen. I eget notat fra Aurland brannvern som er oversendt SHT i februar 2015 blir det opplyst at det er gjennomført flere samvirkeøvinger, sambandsøvinger og bli kjent øvinger i Gudvangatunnelen før brannen 5. august 2013, uten at disse er tidfestet.

1.14.5 Tilsyn med Gudvangatunnelen som særskilt brannobjekt

Brannvernet i Aurland skal i tillegg til organisering av innsats ved brann, også føre tilsyn med særskilte brannobjekt (jf. lov om vern mot brann, eksplosjon og ulykker med farlig stoff og om brannvesenets redningsoppgaver). Gudvangatunnelen er i likhet med hoveddelen av de andre tunnelene på veinettet i Aurland kommune definert som særskilt brannobjekt.

Den siste rapporten som foreligger fra branntilsyn i Gudvangatunnelen er datert 12. mars 2010 og er utarbeidet etter et systemtilsyn av alle tunnelene i Aurland kommune i november 2009. Når det gjelder Gudvangatunnelen var alle tekniske krav som brannvesenet satt innfridd ved dette tilsynet, bortsett fra at det var 151 m² udekket PE-skum i tunnelen. Dette ble imidlertid dekket med sprøytebetong i 2012 – jf. kap. 1.13.2.

Det ble i august 2011 gjennomført et nytt branntilsyn av tunnelene i Aurland kommune. Statens vegvesen har etter gjentatte purringer fremdeles ikke mottatt rapport fra dette tilsynet. SHT har ved henvendelse til Aurland kommune heller ikke fått oversendt endelig rapport.

1.15 Tekniske registreringssystemer

Det var ikke mulig å laste ned data fra trekkbilens fartsskriver eller andre elektroniske styrings- og lagringsenheter, da vogntoget var helt utbrent.

1.16 Medisinske forhold

SHT har ikke kjennskap til medisinske forhold ved føreren som hadde betydning for hendelsen. Utvidet blodprøve av føreren påviste ikke alkohol eller andre narkotiske stoffer.

1.17 Spesielle undersøkelser og evalueringer

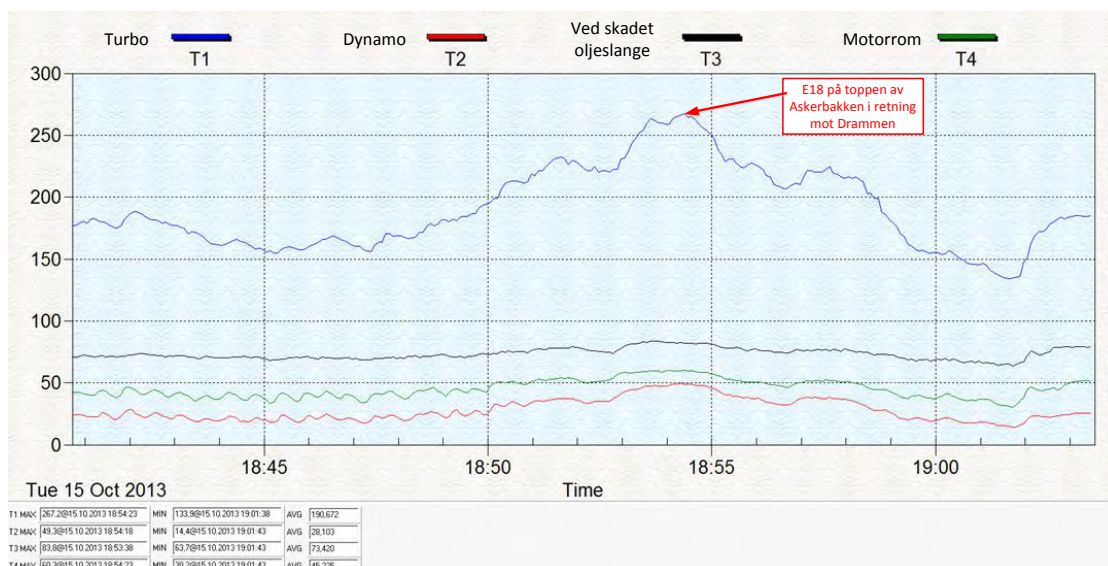
1.17.1 Registrering av motortemperaturer på Renault Magnum under kjøring

15. oktober 2013 gjennomførte SHT registrering av motortemperatur under kjøring med et vogntog av samme type som brant i Gudvangatunnelen.

Hensikten med testen var å studere hvilke overflatetemperaturer som ble registrert på ulike punkter i motorrommet ved kjøring i stigning, og om disse temperaturene var høye nok til å antenne oljedamp i motorrommet. Det ble registrert overflatetemperatur på turbo (varm del), dynamo, ved slitasjepunkt på oljeledning fra oljekjøler til turbo, samt et punkt som registrerte temperaturen i motorrommet. Det ble gjennomført kontinuerlig registrering under hele testturen.

Testen startet på Alnabru i Oslo og fulgte E18 til Kjellstad i Lier, med retur til Alnabru. På strekningen tur/retur Lysaker i Bærum til Kjellstad kjørte vogntoget i tillatt hastighet, som var 80 km/t.

Fra Asker mot Lierskogen er det en ca. 6 kilometer lang stigning med en høydeforskjell på rundt 180 meter. Stigningen varierer mellom 2 % og 3,5 %. Resultatet fra målingene vises i figur 19.

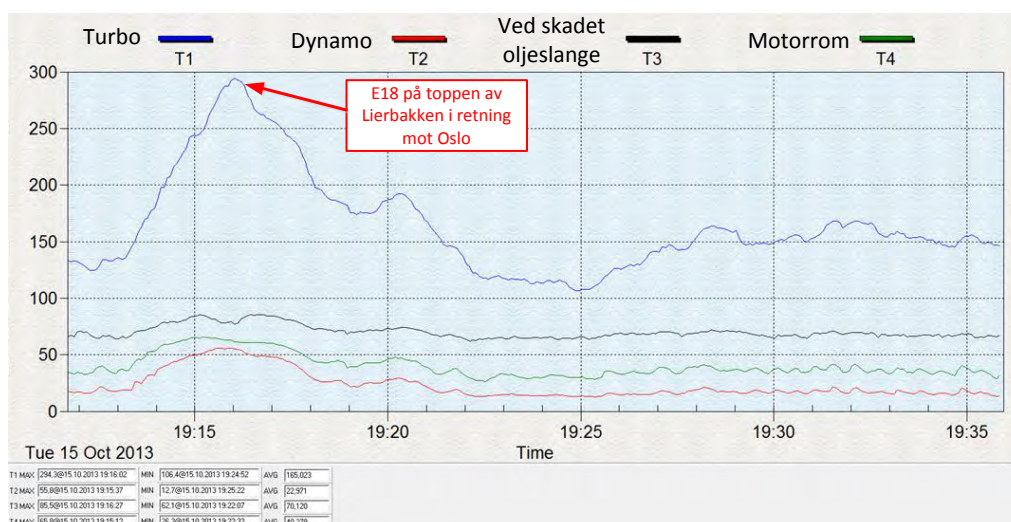


Figur 19: Resultat fra temperaturmåling ved kjøring i retning mot Drammen. Kilde: SHT

Ved kjøring fra Kjellstad i Drammen mot Oslo er det en ca. 4 kilometer lang stigning med en høydeforskjell på rundt 200 meter. Stigningen på denne strekningen varierer mellom 4,5 % og 5,7 %. Resultatet fra kjøring opp denne stigningen vises i figur 20.

Temperaturmålingene viser at temperaturen på turboen varierer ved økt belastning, mens temperaturen ved de øvrige målepunktene varierer minimalt ved endring av motorbelastning. På toppen av Askerbakken (figur 19) var turbotemperaturen oppe i ca. 270°, mens den på toppen av Lierbakken (figur 20) var oppe i nærmere 300°.

I tillegg til temperaturmålinger var det ønskelig å avdekke eventuelle andre elementer i motorrommet som ved kjøring i stigning/høy motorbelastning kan bidra til at brann oppstår. Det ble derfor montert to kamerapunkter med fokus på dynamo og turbo. Disse kameraene avdekket ikke gnist fra dynamo eller glødende turbo i løpet av testen.



Figur 20: Resultat fra temperaturmålinger ved kjøring mot Oslo. Kilde: SHT

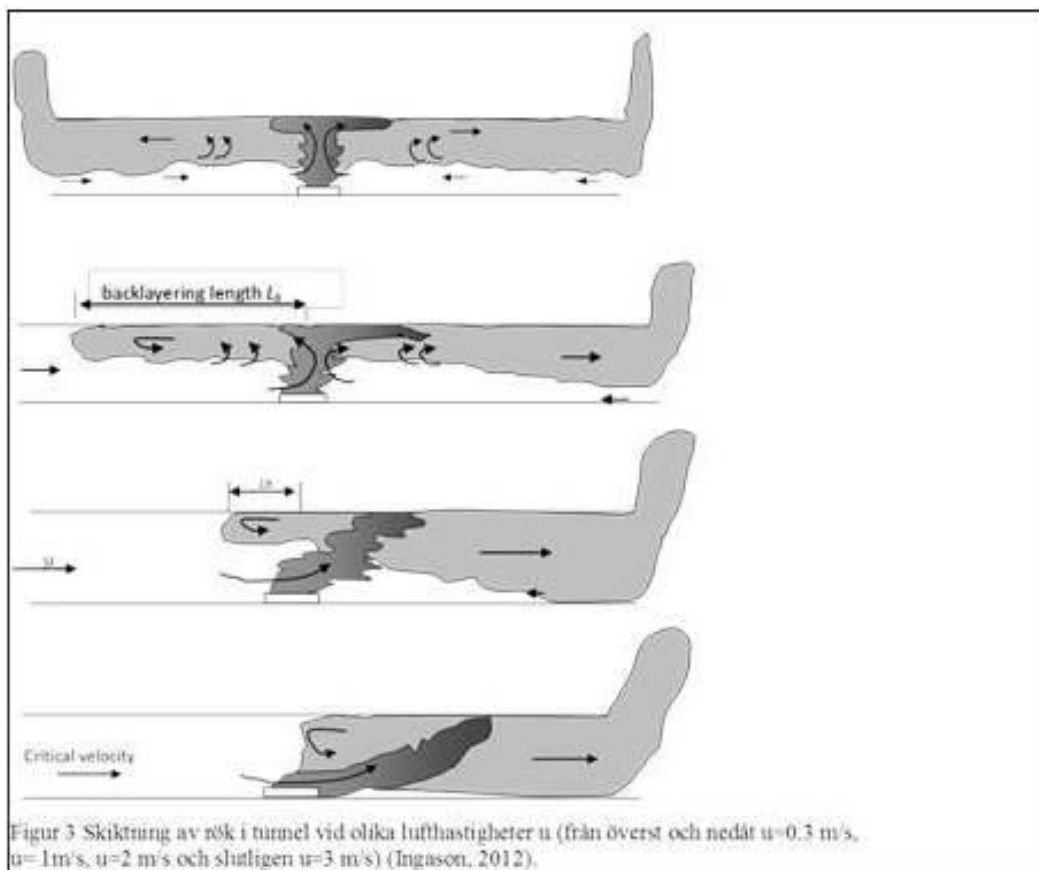
1.17.2 Rapport fra SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut om røykgassproduksjon i forbindelse med brann i vogntog

SHT har gitt SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut i Borås i Sverige i oppdrag å vurdere, og gi svar på en del generelle spørsmål som omhandler

1. Hvilke gasser røyk fra brann i vogntog inneholder.
2. Hvordan røyken sprer seg når et vogntog brenner inne i en tunnel hvor det ikke er mekanisk ventilasjon.
3. Røykintensiteten fra et tomt vogntog i forhold til et fullastet vogntog (totalvekt 40 tonn).
4. Hvorfor røyken sprer seg ujevnt, og det i områder er tettere røykintensitet (røykpropper) enn i andre områder av tunnelen.
5. SP's vurdering av å ventilere røyken slik at brannvesenet kommer til fra den røykfrie siden, mens trafikanter på den andre siden av brannstedet kan risikere å bli fanget i røyke inne i tunnelen.

Rapporten gir en oversikt over de gassene som normalt utvikles ved en brann. Foruten CO og CO² utvikles det også cyanid (HCN).

Når det gjelder brannutvikling og røykspredning sier rapporten at dette avhenger av lufthastigheten i tunnelen. Scenarier i forhold til lufthastighet og røykspredning vises i rapportens figur 3, som er gjengitt nedenfor (figur 21).



Figur 21: Eksempel på røykspredning ved forskjellige lufthastigheter. Kilde: SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut

Det er også gjort en vurdering av hvorfor røyken har forskjellig intensitet gjennom tunneløpet når en har mekanisk ventilasjon. Det får en når ventilasjonsretningen endres. Da vil den røyken som er på den ene siden presses tilbake over brannstedet og blande seg med den røyken som avgis fra brannen. Dette vil øke konsentrasjonen i et begrenset tidsrom og det vil oppstå en «røykpropp» som vil bevege seg gjennom tunnelen. Dette fører til en forhøyet konsentrasjon av røykgasser. Hvis en oppholder seg i denne delen av røyken i rundt 5 minutter kan det føre til bevisstløshet.

Når det gjelder strategi for mekanisk ventilasjon gir rapporten følgende beskrivelse:

En grundprincip för bi-direktionella (trafik i båda riktningar) tunnlar bör vara att ha en minimal ventilation under utrymning så att röken sprids långsamt inne i tunneln och människor nedströms och uppströms branden hinner utrymma. Detta kan uppnås genom mekanisk eller naturlig ventilation beroende på väderförhållanden vid tunnelns portaler. Sedan, efter utrymningen är avslutad, för att hjälpa räddningstjänst att nå branden kan ventilation slås på från ett håll så att räddningstjänst kan gå in i rökfri miljö, normalt räcker 3 m/s för att uppnå gynnsamma förhållanden uppströms branden, se figur 3. Den utrustning som finns i många tunnlar där man kan få information om antal fordon och placering inne i tunnelarna kan användas som beslutsunderlag för räddningstjänsten. Detta bör göras i samråd med vägtrafikcentralen.

Man bör vara varsam med ändringar av ventilationsflöden inne i tunnelarna efter att branden har startat. Den främsta anledningen är att om det finns människor i tunneln uppströms branden bör man inte vända ventilationsriktningen eftersom

mer rök då finns i tunneln under längre tid, och högre koncentrationer uppnås i rökproppen. Med andra ord leder detta till högre rök-gaskoncentrationer för de personer som tidigare befann sig uppströms branden när gammal plus nyskapad rök når upp dem.

For utfyllende opplysninger om rapportens innhold vises det til vedlegg E.

1.17.3 Evalueringer gjennomført av andre

1.17.3.1 *Direktoratet for samfunnssikkerhet og beredskaps (DSB) rapport om brannen i Gudvangatunnelen*

DSB har i rapporten vurdert flere sentrale problemstillinger knyttet til slukke- og redningsinnsatsen ved brannen i Gudvangatunnelen. Det går blant annet på planlegging og planverk, varslings og utkalling av innsatspersonell. Ventilasjon og røykstyring er også forhold som blir vurdert i rapporten. I tillegg er det gjort vurdering av kommunikasjon, samband og innsatsledelse.

Rapporten konkluderer med at det er viktig å ha gode beredskaps- og innsatsplaner i forbindelse med innsats i lange tunneler. DSB mener Statens vegvesens beredskapsplan gir grunnlag for å utarbeide innsatsplaner i forbindelse med hendelser i tunnelen. Slike innsatsplaner må utarbeides av brann- og redningsvesenet, noe Aurland brannvern burde ha gjort.

Når det gjelder innsatsen på hendelsesstedet sier rapporten at slukkeinnsatsen ble gjennomført slik vanlig praksis er, men den strategiske ledelsen av innsatsen var mangelfull. Dette på grunn av manglende innsatsplanlegging og funksjonsdeling, samt uklar organisering. DSB mener utarbeidelsen av innsatsplaner ville avdekket vanskelighetene med å lede innsatsen fra tunnelen, slik brannsjefen valgte å gjøre.

Ventilasjonen fungerte som forutsatt for innsatsmannskapene. De hadde fri sikt til brannstedet og kunne iverksette slokking som planlagt. Det er imidlertid stilt spørsmål ved hvorvidt brannsjefen burde ha valgt å snu ventilasjonsretningen da han oppdaget hvor brannen var. DSB mener avgjørelsen om å beholde ventilasjonsretningen slik beredskapsplanen beskriver, var i tråd med gjeldende veiledninger og anbefalinger. En viktig funksjon av brannventilasjon er i følge DSBs vurderinger å fortynne røyken gjennom tilførsel av friskluft. Dette vil lette selvredning. De mener imidlertid at en høyere ventilasjonshastighet ville resultert i at røykproppen hadde beveget seg raskere, og ville vært ute av tunnelen på om lag halve tiden.

DSB mener hendelsen ikke har identifisert svakheter i regelverket om røyk- og ventilasjonsstyring i veitunneler. De sier imidlertid at brann i lange ettløps tunneler er kompliserte hendelser og mener det er behov for å se nærmere på strategi for redningsinnsats i tunnel.

1.17.3.2 *Statens vegvesens evaluering av brannen i Gudvangatunnelen*

Statens vegvesen Region vest har gjennomført evaluering etter brannen i Gudvangatunnelen 5. august 2013. Rapporten ble avgitt 15. november 2013 og konkluderer med blant annet følgende:

- Sikkerhetsutrustningen i Gudvangatunnelen er i samsvar med de kravene som gjaldt på byggetidspunktet.
- Beredskapsplanen som gjaldt for Gudvangatunnelen 5. august 2013 var datert 5. juli 2006. Den inneholdt noen mindre feil når det gjaldt antall vifter og nødtelefoner i tunnelen. Det sto i tillegg at PE-skum i tunnelen var udekket. Dette var på hendelsestidspunktet dekket med sprøytebetong.
- Brannventilasjonen er bestemt å gå i retning fra Aurland mot Voss. Brannsjefen bestemmer om det alltid bør være slik. Ved brann er det brannsjefen som styrer ventilasjonen. Det kan gjøres enten ved melding til VTS eller fra nødstyrepånel på utsiden av tunnelen. Dette ble ikke benyttet under brannen. Det kan virke som om brannvesenet ikke kjenner styringspanelet godt nok.
- Vindhastigheten på brannventilasjonen var i samsvar med beredskapsplanen, og ventilasjonen fungerte etter kravene. Det er brannsjefen som vurderer hvor mye luft som skal tilføres et brannsted ut fra branntekniske vurderinger.
- Det har kommet fram at nødsambandet ikke skal ha fungert under brannen. For den delen av tunnelen som lå mellom brannstedet og tunnelåpningen på Aurlandsiden skyldes dette at sambandskabelen brant av. For den øvrige delen av tunnelen, hvor sambandskabelen var intakt, kan det skyldes at sambandsutstyret ble brukt på feil måte. Nødsambandet har fungert som det skal i tester etter brannen.
- Aurland kommune disponerer mobilt sambandsutstyr beregnet for bruk i tunnel. Dette var ikke tatt med under brannen.
- Et område hadde dårlig dekning. Dette var kjent og er nå utbedret.

1.17.3.3 *Utvidet rapport «Trailerbrann i Gudvangatunnelen 05.08.2013» utarbeidet av Aurland brannvern*

Aurland brannvern har utarbeidet rapport etter brannen i vogntoget i Gudvangatunnelen 5. august 2013.

I tillegg til brannvesenets innsats i forbindelse med brannen 5. august 2013 beskriver rapporten Gudvangatunnelens oppbygging, tekniske utrustning og beredskapsplaner.

Det konkluderes med at brannvesenets totale innsats ble gjennomført på en god måte både med hensyn til ledelse av innsatsen, og slukke- og redningsinnsatsen som ble gjennomført av brannvesenets innsatsstyrke inne i tunnelen.

Rapporten anbefaler at det arbeides videre med følgende punkter:

- Det bør være samme retning på tunnelens driftsventilasjon og brannventilasjon.
- Konsekvenser ved reduksjon i ventilasjonshastigheten når dører til brannskap åpnes.
- Endring av brannventilasjonshastighet.

- Samarbeid mellom brannvesenet og VTS i forbindelse med bruk av teknisk utstyr i tunnelen.

1.18 Regelverk og retningslinjer

1.18.1 Lover

Rammene for bygging, bruk, drift, tilsyn, kontroll og brannberedskap av veitunneler er i hovedsak regulert i følgende lover:

- Lov 21. juni 1963 nr. 23 om veg (veglov).
- Lov 18. juni 1965 nr. 4 om vegtrafikk (vegtrafikklov).
- Lov 14. juni 2002 nr. 20 om vern mot brann, eksplosjon og ulykker med farlig stoff og om brannvesenets redningsoppgaver (brann- og eksplosjonsvernloven).
- Lov 27. juni 2008 nr. 71 om byggesaker og saksbehandling (plan- og bygningslov).

Med hjemmel i disse lovene er det vedtatt forskrifter, normaler og retningslinjer.

1.18.2 Forskrifter, normaler og retningslinjer

Følgende forskrifter, normaler og retningslinjer er relevante i forbindelse med denne undersøkelsen:

- Forskrift 15. mai 2007 nr. 517 om minimum sikkerhetskrav til visse vegtunneler (tunnelsikkerhetsforskriften).
- Forskrift 26. juni 2002 nr. 729 om organisering og dimensjonering av brannvesen.
- Forskrift 26. juni 2002 nr. 847 om brannforebyggende tiltak og tilsyn (forebyggendeforskriften).
- Forskrift 6. desember 1996 nr. 1127 om systematisk helse-, miljø- og sikkerhetsarbeid i virksomheter (Internkontrollforskriften).
- Statens vegvesens Håndbok 021 – Vegtunneler (1992) og Håndbok 021 – Vegtunneler (2002). Håndboken har status som normal og er hjemlet i vegloven.
- Statens vegvesens Håndbok 163 – Vann- og frostsikring i tunneler (2006). Håndboken har status som retningslinje.
- Statens vegvesens Håndbok 269 – Sikkerhetsforvaltning av vegtunneler del 1 (2007). Håndboken har status som retningslinje. Nåværende Håndbok R511.

1.19 Myndigheter, organisasjoner og ledelse

1.19.1 Statens vegvesen

Statens vegvesen er et forvaltningsorgan underlagt Samferdselsdepartementet. Staten er organisert i to forvaltningsnivåer – Vegdirektoratet og fem regioner. Statens vegvesen har

ansvaret for planlegging, bygging, drift og vedlikehold av riks- og fylkesveinettet, samt godkjenning og tilsyn med kjøretøy og trafikanter. De utarbeider også bestemmelser og retningslinjer for veiutforming, drift og vedlikehold, veitrafikk, trafikantopplæring og kjøretøy.

Vegtrafikksentralene er en enhet i Statens vegvesen som fungerer som kontaktpunkt mot trafikantene. Det er fem vegtrafikksentraler i Norge, som ligger i Oslo, Bergen, Porsgrunn, Trondheim og Mosjøen. Trafikkovervåking og styring av tunneler og vegstrekningslinjer som er tilknyttet sentralen er en del av vegtrafikksentralens oppgaver.

Statens vegvesen Region vest har drifts- og vedlikeholdsansvaret for Gudvangatunnelen, og har ansvaret for vegtrafikksentralen i Bergen.

1.19.2 Brann- og redningsvesenet

Brann- og redningsvesenet (brannvesenet) i Norge er underlagt kommunal styring. Direktoratet for samfunnssikkerhet og beredskap (DSB) styrer kommunene gjennom lov 14. juni 2002 nr. 20 om vern mot brann, eksplosjon og ulykker med farlig stoff og om brannvesenets redningsoppgaver (brann- og eksplosjonsvernloven) med forskrifter. Lovens formål er å verne liv, helse og materielle verdier. Brann- og redningstjenesten skal drive forebyggende arbeid, herunder tilsyn, slukke brann og være teknisk redningsressurs ved branner og andre ulykker. Mange kommuner inngår i ulike former for samarbeid, f.eks. interkommunale selskaper (IKS).

Brannvesenene er bygget opp etter forskrift om organisering og dimensjonering av brannvesen som er basert på innbyggertall i kommunen og type risiko som finnes i kommunen.

1.19.2.1 *Aurland brannvern*⁶

Aurland brannvern har ikke kasernert vakt, men er basert på utkallingsmannskap som er deltidsansatt i brannvernet. Aurland har to brannstasjoner (Aurland og Gudvangen), samt Undredal branndepot.

Aurland brannvern er ansvarlig brannvesen ved ulykker og branner i Gudvangatunnelen. Utrykningstiden er ca. 20 min på dagtid og ca. 25 min på kvelds-/nattestid i følge tunnelens beredskapsplan (datert 5. juli 2006). Ved behov søker Aurland brannvern bistand fra omkringliggende brannvesen, herunder Voss, Bergen, Lærdal og Årdal.

Aurland brannvern har, som beskrevet i kap 1.14.5, også ansvar for å føre tilsyn med de tunnelene som er klassifisert som særskilte brannobjekter i Aurland kommune.

1.19.2.2 *Voss brannvern*

Voss brannvesen har ikke kasernert vakt, men har syv stillinger på heltid, og 41 stillinger på deltid. Voss har tre brannstasjoner, på Voss, Vossestrand og Evanger.

⁶ Informasjon om brannvesenet er hentet fra de respektive kommunenes hjemmesider og http://www.brannstasjoner.com/news_1.html (sett 14. mars 2014).

1.19.2.3 Lærdal og Årdal brannvern

Lærdal kommune har felles brannsjef med Årdal kommune. Brannstasjonen i Lærdal ligger på Bergo og det er branndepot i Frønningen. Brannvernet har fire utrykningsledere og 16 mannskaper, som er organisert i vaktlag.

Brann- og redningstjenesten i Årdal kommune blir utført av bedriftsbrannvernet ved Hydro Aluminium, Årdal verk. Årdal har tre brannstasjoner (Årdal, Øvre Årdal og Årdalstangen), samt Offerdal branndepot.

1.19.3 Direktoratet for samfunnssikkerhet og beredskap (DSB)

DSB er et forvaltningsorgan underlagt Justis- og beredskapsdepartementet. DSBs ansvar på samfunnssikkerhetsområdet omfatter nasjonal, regional og lokal sikkerhet og beredskap, brann- og elsikkerhet, industri- og næringslivssikkerhet, farlige stoff, og produkt- og forbrukersikkerhet. DSB har også ansvar for Sivildforsvaret. Staten ble opprettet i 2003 som en videreføring av Direktoratet for brann- og elsikkerhet (DBE) som ble opprettet i 2002 etter sammenslåing av Produkt- og Elektrisitetstilsynet og Direktoratet for brann- og eksplosjonsvern.

DSB og Statens vegvesen har i fellesskap utarbeidet [«Retningslinjer for saksbehandling og ivaretagelse av brann- og elsikkerhet i vegtunneler»](#). Retningslinjene henvender seg først og fremst til de som planlegger, bygger og drifter vegtunneler, til de som fører tilsyn med brannsikkerheten i vegtunneler og til de som skal være innsatsstyrke ved brann og ulykker i vegtunneler.

1.20 Andre opplysninger

1.20.1 Rapport om brann i Oslofjordtunnelen 23. juni 2011

23. juni 2011 begynte det å brenne i et polsk vogntog i Oslofjordtunnelen. Vogntoget var på tur gjennom tunnelen fra Hurum mot Drøbak.

Etter å ha tilbakelagt ca. 5,5 kilometer av tunnelen, og ca. 1,8 kilometer før det var ute på Drøbaksiden, stoppet vogntoget da det hadde begynt å brenne i motoren. Søndre Follo Brannvesen rykket inn fra Drøbaksiden for å slokke brannen. For å ha fri sikt i forbindelse med slokkearbeidet ble ventilasjonen styrt mot Hurumsiden. Dette resulterte at 5,5 kilometer av tunnelen ble fylt med tykk, svart røyk. Flere trafikanter fikk problemer da de skulle evakuere og ni personer ble fanget i røyken. Det tok ca. to timer før de ble evakuert av redningsmannskapene. Fra rapportens sammendrag refereres følgende:

Faresituasjonen for trafikantene ble forsterket av at tunnelens sikkerhetsutrustning og beredskapsløsning ikke var tilstrekkelig tilrettelagt for selvredning. Det var kun en rømningstunnel (3 480 m unna brannstedet) i tillegg til tunnelutløpene og det manglet røyktette evakueringsrom. Flere trafikanter fikk ikke informasjon fra VTS over bilradio i tide til å snu/evakuere før de ble fanget i røyken.

Brannsløkkingsarbeidet fra Drøbaksiden fungerte tilfredsstillende og som forventet. Redningsinnsatsen fra Hurumsiden fikk store problemer som følge av røykutviklingen, fare for påkjørsler og avstanden til brannobjektet. 25 av 34 trafikanter kom seg ut av tunnelen på egenhånd. Ni trafikanter ble senere

evakuert fra tunnelen av redningsmannskap. Oversikten VTS hadde gjennom kameraovervåking av tunnelen og direkte kontakt med trafikantene i SOS-boksene, i tillegg til nødetatenes brann- og redningsinnsats, reddet liv denne dagen.

Gjennom denne undersøkelsen har SHT avdekket fem viktige sikkerhetsproblemer som har bidratt til å svekke systemsikkerheten omkring Oslofjordtunnelen, og som medførte at trafikanter ble fanget i røyken:

- a) Oslofjordtunnelens sikkerhetsnivå gjennom beredskapsløsning og sikkerhetsutrustning var ikke tilfredsstillende sett opp mot trafikkveksten og – sammensetningen.*
- b) Oslofjordtunnelens brann- og redningsberedskap var ikke dimensjonert, utrustet eller organisert i forhold til hva som kan forventes hva gjelder lokalisering og størrelse av branner i tunnelen.*
- c) Det foreligger ikke tilstrekkelig dokumentasjon for bruk av langsgående ventilasjon ved tunnelbranner og hvordan evakuering skal gjennomføres når tunnelen fylles med røyk.*
- d) Forutsetningene for selvredningsprinsippet var ikke tilstrekkelig ivaretatt gjennom Oslofjordtunnelens sikkerhetsutrustning og beredskapsløsning.*
- e) Statens vegvesens sikkerhetsstyring av Oslofjordtunnelen hadde ikke fanget opp det aktuelle risikobildet, og den risikobaserte tilnærming til sikkerheten og beredskapen var mangelfull.*

Med bakgrunn i denne undersøkelsen er SHT bekymret for at brannrisiko i ettløpstunneler møtes med prioriteringer som kun sikrer minimumssikkerhetsnivå. Beslutningsgrunnlaget for hva som er akseptabelt sikkerhetsnivå bør bygge på vurdering av det reelle risikobildet i den særskilte tunnelen og på konsekvensanalyser av branntilløp, i tillegg til læring fra overvåking og tilsyn.

Hendelsene i forbindelse med brannen i Oslofjordtunnelen sammenfaller på flere områder med det som skjedde under brannen i Gudvangatunnelen. For utfyllende informasjon om brannen i Oslofjordtunnelen, og avgitte sikkerhetstilrådinger i forbindelse med denne undersøkelsen, vises det til [Rapport VEI 2013/05 om brann i vogntog på RV 23, Oslofjordtunnelen, 23. juni 2011.](#)

1.21 Iverksatte tiltak

Etter hendelsen er det gjennomført både fysiske tiltak i tunnelen og tiltak i forbindelse med slukking- og redningsarbeidet.

1.21.1 Tiltak gjennomført av Statens vegvesen

Statens vegvesen har i forbindelse med reparasjon av Gudvangatunnelen gjennomført en del oppgraderinger i forhold til tidligere standard. Følgende oppgraderinger og tiltak ble iht. Statens vegvesen Region vest sin evalueringsrapport Brann i Gudvangatunnelen 5. august 2013, gjennomført før tunnelen åpnet 5. september 2013:

- Alle ex-kablene i tunnelen er skiftet ut.
- Det er montert utstyr slik at dødsonen i nødkommunikasjonsnett er fjernet.

- Det er lagt ny fiberkabel gjennom hele tunnelen som forberedelse til installasjon av nytt nødnett. Tidspunkt for overgang til nytt nødnett var satt til 1. kvartal 2014, men ble utsatt og vil først bli satt i drift i 2. kvartal 2015.
- Tunnelveggene er malt hvite for å få bedre optisk leding og bedre lysforhold i tunnelen.
- Det er satt opp ekstra lys i tunnelinngangen på Aurlandsiden.
- De åtte viftene som ikke virket ble reparert, slik at alle 92 viftene fungerte da tunnelen ble åpnet.
- Det er satt opp nye bomber og montert kamera ved tekniske bygg og ved bomber.
- Tunnelen har fått fornyet nedslitte profilerte linjer for å bedre visuell føring.
- Batteripakker for nødstrøm (UPS) er skiftet.
- Fartsgrensen er midlertidig senket til 70 km/t mens en venter på avklaring på omprogrammering av ventilasjonsanlegg.

Beredskapsplan for Gudvangatunnelen er revidert. I planen datert 1. september 2014 er det under brannventilasjon blant annet beskrevet følgende:

God ventilasjon er ein føresetnad for at brannvernet skal kunne arbeide effektivt med brannsløkking inne i ein tunnel. Røyken må fjernast mellom brannstaden og den tunnelopninga innrykking skal skje frå, før brannvernet og anna redningspersonell kan yte innsats.

Gudvangatunnelen ligg i Aurland kommune. Det er brannvernet i Aurland som har ansvaret for brann- og redningsarbeidet i tunnelen.

God brannventilasjon gjer det mogleg å kome fram til og kunne arbeide på brannstaden. Brannventilasjonen er viktig for at brannvernet får frisk luft i ryggen.

Brannventilasjonsretninga er bestemt til å vera i retning frå Aurland mot Voss. Dette er avgjort i samråd med brannsjefen.

Brannventilasjonen kan køyrast i 4 trinn: (92 stk vifter totalt)

Trinn I 16 vifter på

Trinn II 34 vifter på

Trinn III 65 vifter på gir ca 2,6 m/s

Trinn IV 84 vifter på gir ca 3,6 m/s

Ved brann skal brannventilasjonen normal køyres i trinn III - 65 stk vifter, som skal gi min 2,5 m/s. Dette fordi brannvernet skal ha «frisk luft i ryggen» når dei kjem til skadestaden. Må unngå tilbakeslag av røyk.

Etter at brannen er slokket Straks brannen er slokket skal brannventilasjonen køyres i trinn IV - som er maksbrannventilasjon – gir ca 3,6 m/s eller meir.

Vakthavende brannsjef / fagleiar brann gjer melding om dette til 110. 110 gjer melding til VTS. Evt. direkte nummer til VTS – tlf 57 65 95 11 eller 55161081.

Det er svært viktig å få full brannventilasjon etter brannen er slokket fordi då får ein tilført meir oksygen i røyken og røyken vert uttynna. Det blir lettere for folk å oppholde seg i røyken og innsatsen til brannvernet blir mykje lettare.....

Statens vegvesen har utarbeidet planer og avsatt 350 mill. kr. til opprustning av Gudvangatunnelen for å oppfylle de sikkerhetskravene som settes i Tunnelsikkerhetsforskriften. Denne opprustingen skal gjøres innen 2019.

1.21.2 Tiltak gjennomført av Aurland brannvern

Aurland brannvern har iverksatt følgende tiltak etter brannen i Gudvangatunnelen 5. august 2013:

- Har kjøpt mobil vifte for bruk i tunneler som ikke har ventilasjon.
- Har montert forsterker i redningsbilen for bruk i områder med dårlig sambandsdekning.
- Har kommet med endrede krav i forbindelse med revisjon av beredskapsplan for Gudvangatunnelen.
- Har revidert «Innsatsplan – rutine og prosedyre ved utrykning til vegtunnel» for tunnelene i Aurland kommune. Planen er utarbeidet for å kunne gjennomføre en rask og effektiv innsats ved hendelser i tunneler, og ivareta sikkerheten til innsatspersonellet ved disse oppdragene. Planen inneholder ingen beskrivelse av hvordan evakuering av trafikanter skal gjennomføres, utover å be VTS varsle trafikanter med innsnakk på NRK P1. Den reviderte Planen har samme ventilasjonsstrategi som den forrige planen.

1.21.3 Tiltak gjennomført av DSB

DSB har gjennomført følgende tiltak etter brannen:

- DSB har i samarbeid med Statens vegvesen gjennomført fem dagseminarer (i alle veiregionene) hvor hovedfokus var sikkerhet i forbindelse med slokke- og redningsarbeid ved brann i tunneler. Målgruppen var alle brann- og redningsetatene.
- DSB har gjennomført evaluering av brannvesenets innsats i forbindelse med slokke- og redningsarbeidet. Rapport med anbefalinger ble avgitt i august 2014, og er omtalt i kapittel 1.17.3.1 i denne rapporten.
- DSB har satt i verk arbeid for å vurdere veiledningsstoff, og om det kan arbeides på andre måter for å øke kvaliteten på brannvesenets redningsinnsatser.

2. ANALYSE

2.1 Innledning

SHT har undersøkt hendelsesforløp, medvirkende faktorer og konsekvenser ved brannen i Gudvangatunnelen, som medførte at 28 personer ble hardt skadet.

Analysen innledes med en vurdering av den utløsende hendelsen, hvor mulige medvirkende faktorer til brannen i vogntoget drøftes.

Deretter gjøres det en analyse av tunnelens sikkerhetsnivå. Her vurderes hvordan tunnelens utforming, tekniske installasjoner og sikkerhetsutrustning fungerte under brannen. Videre vurderes hvilken betydning det hadde for trafikantenes selvredning og brannsluknings- og redningsarbeidet.

Tunnelen ble bygget etter de krav som gjaldt på byggetidspunktet (1991). SHT har valgt å avgrense undersøkelsen til å analysere hvordan den faktiske sikkerheten for trafikantene ble påvirket av eksisterende utrustning og planverk, og ikke opp mot lov- og forskrifter.

Trafikantenes opplevelser og skader er undersøkt i detalj med bistand fra henholdsvis SINTEF og Oslo universitetssykehus. I analysen drøftes forutsetninger for selvredningsprinsippet, samt den psykiske belastningen trafikantene som ble fanget i røyken ble påført under oppholdet i tunnelen. Det gjøres også en vurdering av røykskadene som de involverte ble utsatt for.

Brann- og redningsinnsatsen i tunnelen har hatt stor fokus i denne undersøkelsen. Først drøftes strategi for brannslukking og redning, og de prioriteringer som medførte at 8,5 kilometer av tunnelen ble fylt med røyk, slik at 67 personer fikk store vansker med å evakuere. Deretter drøftes organisering, dimensjonering og strategisk ledelse av brannvesenets innsats.

Videre gjøres en samlet vurdering av innsatsen som ble gjort av alle nødetatene i forbindelse med hendelsen. I denne delen inngår varsling, akuttmedisinsk innsats, samt samarbeid og informasjonsflyt mellom nødetatene.

Til slutt gjøres det en vurdering av oppfølging av sikkerheten i Gudvangatunnelen som igjen har hatt betydning for tunnelens sikkerhetsnivå og beredskapsstrategi som forelå på hendelsestidspunktet. Herunder drøftes hvordan tilsyn og øvelser har fungert, og Statens vegvesens sikkerhetsstyring av tunnelen.

Det siste kapitlet omhandler de overordnede retningslinjer som gjelder for tunnelsikkerhet.

2.2 Vurdering av den utløsende hendelsen

Den tekniske undersøkelsen etter brannen (se kapittel 1.11.2) avdekket flere forhold som kan ha medvirket til at det begynte å brenne i vogntogets trekkbil. Det ble påvist:

- Slitasjeskader på beskyttelseskappe til oljeledning mellom oljekjølere og turbo.
- Spor etter kortslutning i flere av bilens elektriske ledninger.

- Hull i spjeldhuset for motorbremsen (ut fra turboen). Dette hullet vendte inn mot motoren.
- Dynamoens bakre del med diodebro og tilkoblinger var smelteskadet.

Ved evt. kortslutning i elektriske ledninger vil det utvikles så mye varme at isolasjon eller omkringliggende materialer kan begynne å brenne. En evt. kortslutning kan også ha utviklet så mye varme at brennbar damp eller finforstøvede partikler fra brennbar væske kan ha blitt antent.

Slitasjen som ble påvist på oljeledningen kan etter SHTs vurdering ha medvirket til at finforstøvet olje har sprutet ut i motorrommet, og blitt antent av gnister fra kortslutning, varm eksos som har kommet gjennom hullet i turboen eller av varme overflater på motorens turbo.

Temperaturmålinger som SHT gjorde på tilsvarende vogntog (se kap.1.17.1) viser at turbotemperaturer ved normal kjøring på strekninger med stigninger som ligger opp mot forholdene i Gudvangatunnelen, kan komme opp i rundt 300°C. Dette er temperaturer som er tilstrekkelig til å kunne antenne finforstøvet motorolje med en temperatur på mellom 70°C og 90°C. I forbindelse med brann i tog på Brattsbergbanen i Skien i 2010 omtales slitasje på oljeslange som medvirkende årsak til at det begynte å brenne i toget. For utfyllende opplysninger om denne brannen vises det til [SHT rapport JB 2011/06](#).

På grunnlag av den tekniske undersøkelsen mener SHT at det ikke er mulig å påvise eksakt hvorfor det begynte å brenne i vogntoget, men mener at forhold som er nevnt over kan ha medvirket til brannen.

De forholdene som kan ha medvirket til brannen er etter SHTs vurdering vanskelig å oppdage ved en vanlig sikkerhetskontroll av dette kjøretøyet. Oljeledningen som var slitt ligger slik til at en må ha spesielle kunnskaper om dette problemområdet for å kunne oppdage det, noe SHT mener en ikke kan forlange at en fører har. Det samme gjelder med hensyn til å kunne oppdage mulig kortslutning av elektriske ledninger. SHT har ingen indikasjon på at det er gjort endringer på det elektriske anlegget som tilsier at kortslutningsfaren økte, eller at bilens originale elektriske opplegg var i en slik tilstand at føreren burde oppdaget at det kunne oppstå kortslutning eller brann.

Undersøkelsen har vist at føreren reagerte da han fikk informasjon om at det kunne være feil ved vogntoget. Ved Vinje stoppet han da han ble informert om at det angivelig kom røyk fra vogntoget. Da han merket at bilen begynte å trekke dårlig i Gudvangatunnelen stoppet han også vogntoget og startet umiddelbart brannslukking, uten at han klarte å slukke brannen. SHT mener disse tilfellene viser at føreren iverksatte nødvendige tiltak da han fikk indikasjon om at noe var feil, og at disse handlingene ligger innenfor det en må kunne forvente av en yrkessjåfør.

Videre mener SHT at den utløsende hendelsen som forårsaket brannen i vogntoget i Gudvangatunnelen i seg selv er av en type som vil være vanskelig å eliminere fullstendig. Tunneleier og brannvesen må derfor ha fokus på å sikre at konsekvensene av en slik brann blir så små som mulig for trafikantene. SHT har derfor valgt å fokusere på konsekvensreduserende aspekter i den videre analysen av hendelsen.

2.3 Gudvangatunnelens tekniske installasjoner og sikkerhetsutstyr

Gudvangatunnelen ble åpnet for trafikk i desember 1991, og er konstruksjons- og sikkerhetsmessig bygd og utstyrt etter de krav som gjaldt på byggetidspunktet. Den 11,4 km lange ettløpstunnelen har ingen andre rømningsveier eller tilfluktsmuligheter enn tunnelåpningene. I dette kapitlet drøftes tunnelens sikkerhetsnivå i form av tekniske installasjoner og sikkerhetsutstyr som SHT mener hadde direkte betydning for redningsarbeid og evakuering av trafikanter den 5. august 2013.

2.3.1 Brannslukningsutstyr

Statens vegvesen utrunder tunneler med brannslukningsapparater for at trafikantene skal kunne slukke selv i tilfelle brann. Gudvangatunnelen er derfor, i henhold til beredskapsplanen, utstyrt med 42 stk. 6 kg brannslukningsapparat som er plassert med en innbyrdes avstand på 250 – 300 meter.

Både ved denne brannen og brannen i Oslofjordtunnelen klarte ikke førerne å slukke brannen med 6 kg brannslukningsapparater fra egen bil. Siden vogntoget i Gudvangatunnelen hadde stoppet midt mellom to brannslukningsapparater i tunnelen, hadde ikke føreren mulighet til å hente et apparat fra tunnelen for å følge opp slukkingen. Ved brannen i Oslofjordtunnelen fikk føreren i tillegg brukt et av tunnelens brannslukningsapparater, men føreren klarte heller ikke da å hindre at brannen utviklet seg.

Med bakgrunn i disse to hendelsene mener SHT at brannslukningsutstyret ikke var tilpasset for å kunne stoppe utviklingen av denne type brann som oppstod i denne hendelsen og Oslofjordtunnelen. Det bør vurderes om det er andre slukkemidler, utstyr eller metoder som er bedre egnet for tidlig slukking av slike branner.

2.3.2 Utstyr for overvåking og trafikkstyring

Gudvangatunnelen var ikke utstyrt med noen form for videoovervåking eller telling av kjøretøy som ga VTS fortløpende informasjon om hvor mange kjøretøy som til enhver tid befant seg inne i tunnelen. Tunnelen var imidlertid utstyrt med tellepunkter for telling av kjøretøy, men disse dataene var ikke tilgjengelige for VTS som sanntidsinformasjon som kunne gi slike opplysninger.

VTS hadde dermed ingen oversikt over antall og posisjoner av kjøretøy som befant seg i Gudvangatunnelen, hverken da vogntoget begynte å brenne eller underveis i evakueringen av tunnelen. Dermed manglet VTS i Region vest tilsvarende oversikt som VTS Region øst hadde ved brannen i Oslofjordtunnelen, og som trolig bidro til å redde liv. Hadde slikt utstyr vært montert i Gudvangatunnelen kunne det gi viktig informasjon for evakuerings- og redningsarbeidet med hensyn på lokalisering og omfang av brannsted, samt antall og lokalisering av kjøretøy.

Da 110-sentralen fikk melding om brannen ble dette videreformidlet til VTS som umiddelbart stengte tunnelen ved at de røde blinkende lysene på utsiden av tunnelen ble aktivert. Tunnelen var ikke utstyrt med bomber. Selv om det ikke kan dokumenteres at noen kjørte inn i tunnelen etter at den ble stengt, antar SHT på generelt grunnlag at færre trafikanter vil kjøre inn i tunneler som er stengt med både blinkende lys og bomber. SHT ser positivt på at Statens vegvesen i forbindelse med utbedring av Gudvangatunnelen etter brannen har montert bomber som aktiveres automatisk når tunnelen stenges.

Ved denne brannen ble Gudvangatunnelen stengt manuelt fra VTS på grunnlag av melding fra 110 Sogn og Fjordane. Dermed ble ikke «snu og kjør ut» skiltene automatisk aktivert. De ble heller ikke aktivert manuelt fra VTS fordi brannstedet på dette tidspunktet ikke var bekreftet. Denne type variable skilt gir etter SHTs oppfatning mulighet for å kunne varsle trafikanter som er inne i tunnelen om behov for evakuering. Forutsetningen om at brannstedet må være eksakt lokalisert av innsatspersonell gjør imidlertid denne løsningen lite effektiv.

2.3.3 Brannventilasjon

Etter at tunnelen ble stengt startet VTS umiddelbart og rutinemessig brannventilasjonen slik at røyken fra brannen ble ventilert 8,5 kilometer mot Gudvangen. Dette ble gjort for at Aurland brannvern, som er det nærmeste brannvesenet til tunnelen, skulle gå inn fra den røykfrie siden og slukke brannen. Røyken ble samtidig tynnet med frisk luft slik at den ble mindre skadelig.

SINTEF NBL har estimert branneffekten i vogntoget til å ligge på ca. 25 MW, noe som er i overkant av det tunnelens ventilasjonsanlegg ble dimensjonert for.

Programmeringen av brannventilasjonshastigheten var ikke i henhold til det som er beskrevet i beredskapsplanen. Beredskapsplanen oppga en brannventilasjonshastighet på 1 – 2 m/s, mens den var programmert til 2,5 m/s. SHT er overrasket over at brannventilasjon ikke er programmert til å fungere slik det er forutsatt i beredskapsplanen.

Da ventilasjonsretningen ble snudd startet 44 av viftene å blåse mot Gudvangen, mens 10 av viftene fremdeles blåste mot Aurland. På grunn av styringsfeil fikk VTS ikke stoppet de 10 viftene som blåste mot brannventilasjonsretningen før etter ca. en og en halv time – kl. 1330.

Måling av tunnelens ventilasjonshastighet viser at den i startfasen, etter at ventilasjonen ble styrt mot Gudvangen, var oppe i en gjennomsnittshastighet på ca. 2,5 m/s, for deretter å bli redusert til 0,8 m/s i tidsrommet mellom kl. 1354 og kl. 1409. Årsaken til dette var utfall av vifter.

Etter rundt 2 timer hadde VTS kontroll på situasjonen. De 10 viftene som hadde blåst mot ventilasjonsretningen var da stoppet, og viftene som hadde stoppet på grunn av at dørene i brannskapene var åpnet var igjen startet.

SHT mener det er viktig at et brannventilasjonsanlegg fungerer slik det er forutsatt, og er kritisk til at det gikk opp mot 2 timer før VTS hadde kontroll på styring av ventilasjonssystemet.

SHT stiller spørsmål ved at et ventilasjonsanlegg med styringsfeil og utfall av vifter kan aksepteres i en 11,4 km lang ettløpstunnel med periodevis stor trafikkbelastning. Videre er SHT kritisk til den planlagte strategien for røykstyring og slukkearbeid som definert i Gudvangatunnelens beredskapsplan. Dette drøftes nærmere i kapittel 2.5.1.

2.3.4 Trafikantinformasjon

Det kunne vært gitt trafikantinformasjon over radio i forbindelse med evakueringen da Gudvangatunnelen hadde montert utstyr som gir mulighet til radioinnsnakk gjennom

NRK P1 (se kapittel 1.13.6). Som følge av svikt i kommunikasjonen mellom VTS, 110-sentralen i Sogn og Fjordane og Aurland brannvern ble ikke denne muligheten benyttet under brannen. SHT anser dette som en vesentlig svikt.

SHT mener det er uheldig at VTS ikke fikk videreformidlet anmodningen som ble gitt til 110-sentralen i Sogn og Fjordane til fra brannvesenet om å foreta radioinnsnakk. Samtidig mener SHT at VTS burde hatt en bedre dialog med 110-sentralen i Sogn og Fjordane omkring dette.

SHT vil også påpeke at radioinnsnakk har størst betydning for trafikantenes evakuering i tidsluken før brannventilasjonen blir igangsatt og tunnelen fylles med tett røyk. Ved brannen i Oslofjordtunnelen ble radioinnsnakk først igangsatt ca. 9 min etter brannstart og ca. 6 min etter at brannventilasjonen ble igangsatt. Dermed var det noen trafikanter som ikke fikk denne informasjonen i tide til å snu før de ble fanget i røyken. Radioinnsnakk kan også benyttes for å gi trafikantene viktig informasjon i løpet av hendelsen, eksempelvis å anmode trafikantene om å bli værende i bilen og opplyse om at redningspersonell er på vei.

SHT har fått opplyst at Statens vegvesen nå er i gang med å vurdere muligheten for å sende SMS-meldinger til trafikanter som oppholder seg innenfor nærmere definerte områder ved slike hendelser i tunnel. Dette er etter SHTs vurdering en effektiv informasjonskanal som kan nå frem til de fleste, da hoveddelen av både norske og utenlandske trafikanter i dag har mobiltelefon. SHT mener dette bør vurderes tatt i bruk.

2.3.5 Belysning

Deler av tunnelen var mørklagt i en strekning på 1 000 m på grunn av en feil i det elektriske anlegget (se kapittel 1.13.5). Siden den mørklagte strekningen lå ca. 4 kilometer fra brannstedet i retning mot Gudvangen, mener SHT at dette ikke fikk direkte betydning for hendelsen. Da de som skulle evakuerte kom til det mørklagte stedet i tunnelen var tunnelen allerede fylt med røyk, og en eventuell belysning hadde av den grunn hatt liten effekt uansett. Generelt vil SHT likevel påpeke viktigheten av at tunnelen er godt belyst for trafikantene dersom en hendelse inntreffer.

2.3.6 Sambandsutstyr for kommunikasjon mellom nødetater

Siden hele radioanlegget i Gudvangatunnelen ikke hadde toveis mating av strålekabelsegmenter medførte brannen at sambandet mellom brannstedet og tunnelåpningen på Aurlandsiden falt ut. Sambandet, som var meget følsomt for varme, har sannsynligvis falt ut før belysningen. Det var heller ikke samband på utsiden av tunnelen, da dette var koblet mot sambandskabelen i Gudvangatunnelen.

SHT mener at bortfall av sambandet i og utenfor tunnelen hadde direkte innvirkning på skadestedsarbeidet. I denne hendelsen fungerte mobilnettet slik at viktig informasjon likevel kunne overbringes til og fra brannmannskapene inne i tunnelen, men det forringet informasjonsflyten betraktelig.

Hendelsen viser betydningen av at sambandsnettet er intakt for nødetatene ved slike hendelser. Dersom det hadde vært strålekabler med toveismating hadde sambandet fungert under hendelsen.

I forbindelse med utbedring av tunnelen etter brannen ble det lagt ny sambandskabel som forberedelse til nytt nødnett. I påvente at dette skulle settes i drift valgte Statens vegvesen ikke å montere ny forsterker som ville gitt toveismating av det eksisterende strålekabelsegmentet gjennom hele tunnelen, da dette ville bli ivaretatt av det nye nødnettet.

I følge opplysninger fra Direktoratet for nødkommunikasjon (DNK) blir nødnettet i Gudvangatunnelen først satt i drift i løpet av annet kvartal 2015, selv om dette var planlagt operativt fra første kvartal 2014. Det eksisterende sambandsnettet vil fram til den tid fungere slik det gjorde før brannen, og vil ved en tilsvarende hendelse på nytt kunne falle ut slik det gjorde under brannen 5. august 2013.

2.3.7 Samlet vurdering av Gudvangatunnelens tekniske installasjoner og sikkerhetsutstyr

Uavhengig av de krav og retningslinjer som gjelder for tunnelens utforming, tekniske installasjoner og driften av disse, mener SHT at alle forholdene som er behandlet under dette hovedkapitlet har hatt betydning for utfallet av hendelsen i Gudvangatunnelen 5. august 2013. Det var ikke tilstrekkelig brannslukningsutstyr, ventilasjonsanlegg med styringsfeil som ikke fungerte optimalt og sårbart sambandsnett uten redundans. Videre manglet mulighet for trafikkstyring i form av bommer og skilting, utstyr for overvåkning og oversikt over kjøretøy i tunnelen, og det var begrensede evakueringsmuligheter. I tillegg ble ikke muligheten for radioinnsnakk til trafikantene benyttet under brannen.

SHT mener Statens vegvesen bør kartlegge andre tunnelers robusthet ved branner i lys av de svakheter som er påvist ved denne undersøkelsen.

Det fremmes sikkerhetstilrådinger på disse områdene.

2.4 **Konsekvensene for trafikantene**

SHT vil fremheve den innsatsen som enkelttrafikanter utviste i forbindelse med evakueringen av tunnelen. Dette kan ha vært direkte livreddende i den kaotiske situasjonen som oppstod.

2.4.1 Selvredningsprinsippet

Selvredningsprinsippet er ledende for myndighetenes forventninger til trafikanter ved evakuering. Dette prinsippet tilsier at trafikantene selv skal ta seg ut av en veitunnel enten kjørende eller til fots. Det vises til rapport om brannen i Oslofjordtunnelen som også omtaler dette. Det er SHTs oppfatning at forholdene i Gudvangatunnelen var dårlig tilrettelagt for selvredning. SHT mener at dette kan forklares med flere forhold som samlet sett bidro til de vanskelighetene, traumene og skadene som ble påført trafikantene som følge av brannen.

Det umiddelbare bildet man fikk ved å kjøre igjennom tunnelen før den var ryddet for kjøretøy i etterkant av brannen viser at mange trafikanter oppfattet faren for sent. Alle kjøretøyene som ble stående igjen i tunnelen – på tvers av kjøreretninger, i feil kjøreretning, kjørt inn i hverandre og mot tunnelveggen, samt kjøretøy med betydelige karosseriskader – vitner om det kaoset som oppstod som følge av brannen og røyken i tunnelen.

Denne situasjonen er etter SHTs vurdering sterkt påvirket av den forhåndsbestemte strategien for brannsluknings- og redningsarbeidet som er nedfelt i tunnelens beredskapsplan og innsatsplaner. Hverken VTS eller brannvesenet hadde på det tidspunktet ventilasjonen ble styrt mot Gudvangen oversikt over hvor mange kjøretøy som befant seg på den siden av brannen som røyken ble styrt mot. Dette innebar at brannventilasjonen ble startet før trafikantene ble oppmerksom på den kritiske situasjonen, og forsto at de måtte evakuere.

I ettertid er det påvist at det befant seg 58 kjøretøy inne i Gudvangatunnelen i det brannen oppsto. En del av disse kjøretøyene hadde passert stedet hvor vogntoget stoppet, eller passerte dette i en tidlig fase av brannen uten å bli hindret. Av de som ble hindret av det brennende vogntoget var det kun de som oppfattet situasjonen på et tidlig tidspunkt som klarte å evakuere før tunnelen ble fylt med røyk.

Det var montert skilt i tunnelen som kunne gitt trafikantene informasjon om å snu, og det var mulighet for muntlig informasjon gjennom innsnakk i radio. Dette ble ikke gjort og trafikantene i tunnelen fikk ikke nødvendig informasjon som hjelp til selvredning. SHT mener at det er forbedringspotensial når det gjelder utstyr, utnyttelse av de muligheter som finnes ved bruk av utstyr og rutiner for trafikantinformasjon ved brann i tunnel.

Mange av kjøretøyene som ble stående i tunnelen, prøvde først å snu for å returnere mot Gudvangen. Da det ikke var snunisjer eller havarilommer i området hvor bilene hadde stoppet, var det flere som ikke klarte å snu. Flere av bilene kjørte inn i hverandre og inn i tunnelveggene da røyken gjorde at sikten ble minimal. Flere trafikanter forlot derfor kjøretøyene og begynte å bevege seg til fots i tunnelen. Dette ble også vanskelig da tunnelen ikke var tilrettelagt for gående i form av rømlingslys eller håndlister langs tunnelveggen.

All sikt forsvant etter hvert på Gudvangensiden av brannen og de personene som oppholdt seg i denne delen av tunnelen fikk pustebesvær og mistet orienteringsmuligheten. Røyken blokkerte den eneste evakueringsmuligheten for trafikantene på Gudvangensiden av brannen.

SHT mener at Gudvangatunnelen var dårlig tilrettelagt for selvredning, og at trafikantene som ble fanget i røyken i for stor grad måtte ivareta sin egen sikkerhet. SHT ser dette som det vesentligste læringspunktet fra denne hendelsen. Hendelsen viser en sterk motsetning mellom selvredningsprinsippet og den planlagte strategien for å utføre slukke- og redningsarbeid. Dette omtales nærmere i kapittel 2.5.1.

2.4.2 Trafikantenes opplevelser av hendelsen

For å få en bedre oversikt over situasjonen til de trafikantene som ble fanget i røyken i tunnelen har SINTEF Teknologi og samfunn, på oppdrag fra SHT, gjennomført en omfattende undersøkelse (se vedlegg C). Den samlede informasjon SINTEF har innhentet beskriver den kritiske situasjonen trafikantene befant seg i, hvordan de opplevde situasjonene og hvilke traumer de ble utsatt for. Det er SHTs oppfatning at dette gir et godt bilde av den dårlige sikkerheten i Gudvangatunnelen på hendelsestidspunktet.

SHT mener det er viktig at de som har ansvaret for tunneler og redningsarbeid, både lokalt og nasjonalt, tar med seg disse inntrykkene i arbeidet med oppfølgingen av denne rapporten.

2.4.3 Trafikantenes helsetilstand etter oppholdet inne i den røykfylte tunnelen

Ingen trafikanter har omkommet som følge av branner i veitunneler i Norge, og dermed kan man få et inntrykk av at slike branner ikke er kritisk. Resultatet fra undersøkelsene både i Gudvangatunnelen og i Oslofjordtunnelen viser imidlertid at de trafikantene som ble fanget i røyken ble påført alvorlige/meget alvorlige skader selv om det ble tilført store mengder frisk luft da brannventilasjonen ble aktivert.

SHT mener at konsekvensene for de 67 personene med 23 alvorlig skadd og fem meget alvorlige skadd og med potensial for akutt livsfare beskriver en meget alvorlig situasjon. Dette bekreftes av rapporten utarbeidet av Oslo universitetssykehus «En retrospektiv analyse av 28 tilfeller av akutt røykskader» (se vedlegg D). I dette tilfellet var tidsrommet for opphold i den røykfylte tunnelen akkurat innenfor trafikantenes tåleevne uten å bli satt i akutt livsfare. Ung alder og god helse bidro sannsynligvis til at liv ikke gikk tapt.

Røykskadene som ble påført de 28 personene som ble alvorlig eller meget alvorlig skadde er ikke registrert i Statistisk sentralbyrås (SSB) skadestatistikk over veitrafikkulykker. Det er heller ikke systematisk registrering av denne type skader i Helsedirektoratets register over personskader. Røykskader påført personer i forbindelse med brannen i Gudvangatunnelen kommer derfor ikke fram i denne statistikken. SHT mener det bør foretas en systematisk registrering av personskader i forbindelse med hendelser i tunneler slik at disse opplysningene kan benyttes i forbindelse med forebyggende arbeid.

SHT fremmer en sikkerhetstilråding innenfor dette området.

2.4.4 Anbefalinger til trafikanter ved brann i tunnel

Rapporten utarbeidet av Oslo universitetssykehus viser at det var mest alvorlig (herunder fem kritiske skadde) for trafikantene som evakuerte mot Gudvangen, dvs. de trafikantene som gikk til fots mot Gudvangen og ikke ble plukket opp av redningsmannskap. Mest kritisk var det for de som hadde oppholdt seg lengst i tunnelen utenfor bilen. Dette viser at det i denne brannen var tilrådelig å ta med seg når det skal gis anbefaling om hvor personer bør oppholde seg når de befinner seg innenfor røykfylte områder.

Det er ikke sikkert at dette ville være den beste løsningen under andre omstendigheter, men det er viktig informasjon å ta med seg når det skal gis anbefaling om hvor personer bør oppholde seg når de befinner seg innenfor røykfylte områder.

2.5 **Brannvesenets slukke- og redningsarbeid**

Under dette hovedkapitlet gjøres det en vurdering av innsatsen i forbindelse med slukke- og redningsarbeidet. Herunder drøftes prioriteringer i dette arbeidet, organisering og dimensjonering, samt strategisk ledelse av brannvesenets innsats.

2.5.1 Prioriteringer i slukke- og redningsarbeidet

SHT er betenkt over at alle systemer, rutiner og prosedyrer både hos brannvesenet og Statens vegvesen baserte seg på å prioritere slukking av brannen uten at det ble gjort en nærmere vurdering av situasjonen og tatt mer hensyn til evakuering av trafikantene i tunnelen. Dette medførte at røyken ble ventilert mot den siden hvor de fleste trafikantene befant seg, og som også hadde lengst rømningsvei.

SHT mener at brannvesenet og Statens vegvesen i utgangspunktet burde hatt en annen strategi for slukke- og redningsarbeidet. Førsteprioritet burde vært å skaffe seg bedre oversikt over brannsted, røykutvikling, kjøretøy og trafikanter i tunnelen. På bakgrunn av slik informasjon kunne styringen av vifteanlegget ha medvirket til at trafikantene kunne evakuert på en raskere og sikrere måte før røyken ble spredt for mye i tunnelen.

På bakgrunn av undersøkelsene av brannene i Oslofjordtunnelen og Gudvangatunnelen mener SHT at beslutninger i slukke- og redningsarbeidet bør tas ut i fra observasjon og vurdering av hver enkelt brann og tunnel – og ikke ut i fra forhåndsdefinerte strategier.

SHT ser at det kan være utfordrende for brannvesenet å endre prosedyrene fra å ha en forhåndsdefinert brannventilasjonsretning og -hastighet til å måtte ta situasjonsbestemte beslutninger. Dette vil kreve tilgang til sentral informasjon om hendelsen i løpet av svært kort tid. De som beslutter redningsinnsats i en tidlig fase risikerer også å måtte gjøre prioriteringer som i etterkant kan vise seg å ikke være optimale, særlig ved brann i en lang ettløpstunnel. SHT mener likevel at denne strategien bør vurderes, da brannhendelser i tunneler sjelden er identiske og kan angripes på samme måte.

Slukke- og redningsinnsatsen bør innrettes på bakgrunn av stedlig informasjon om brannens lokalisering og omfang, samt kjøretøyenes/trafikantenes antall og plassering inne i tunnelen. Det er derfor avgjørende at tunneler utstyres slik at nødvendig informasjon blir lett tilgjengelig for innsatspersonell i den akutte fasen, og at kritisk informasjon tidlig og effektivt kan videreformidles til trafikantene som skal utøve selvredning.

Både Sveriges Tekniska Forskningsinstitut og konsulentfirmaet Matrisk har i sine rapporter omtalt problemstillingene med røykstyring i forbindelse med brann i tunneler. I begge rapportene blir det påpekt at redningsfasen bør prioriteres, og at innsatsen de første 10 – 15 minuttene etter at en brann har startet er utslagsgivende for å få evakuert trafikantene. I denne tidsperioden beskriver rapportene at lufthastigheten i tunnelen bør være lavest mulig, slik at røyken ikke sprer seg. Assistert redning, slik det er beskrevet i rapporten til Matrisk, bør etter SHTs vurdering være retningsgivende i denne perioden. DSB har også omtalt dette på side 159 i DSB rapport HR2296 – Nasjonalt risikobilde 2014, hvor et scenario med brann i blant annet Gudvangatunnelen er omtalt.

SHT mener at Statens vegvesen og brannvesenet i samarbeid bør utarbeide rutiner som sikrer en raskere identifisering av brannsted. Evakuering av trafikanter bør også prioriteres gjennom optimal bruk av tilgjengelig utstyr og personell. Dette kan eksempelvis gjøres ved riktig bruk av eksisterende system for radio innsnakk og variable skilt, som kan lede trafikanter ut av tunnelen.

Ved hendelser i Gudvangatunnelen mener SHT at Aurland brannvern bør utstyre mannskaper som er stasjonert i Gudvangen slik at de kan rykke inn i tunnelen og lede de trafikantene som er på denne siden av brannstedet ut før røyken sprer seg.

2.5.2 Strategisk ledelse av redningsarbeidet.

Da Aurland brannvern ankom Gudvangatunnelen var ikke politiet på stedet, og innsatslederen fra brannvesenet gikk inn som skadestedsleder. Da politiet ankom overtok de skadestedsledelsen og opprettet KO på utsiden av tunnelen på Aurlandsiden. Politiet og fagleder Helse var etter dette sammen i KO, men uten at fagleder brann var tilstede da han fortsatte som innsatsleder inne i tunnelen for å ivareta innsatspersonellens sikkerhet.

SHT mener brannvesenet burde vurdert å sette inn en annen person som innsatsleder eller fagleder brann, slik at brannvesenet hadde vært representert med en fagperson i KO, som var opprettet utenfor tunnelen.

SHT mener videre at brannvesenets innsatsleder inne i tunnelen, som også fungerte som fagleder brann, ikke hadde tilstrekkelig kommunikasjon med politi, helse og VTS, samt brannvesenet på Gudvangensiden av tunnelen. SHT vurderer at mangel på fagleder brann i KO svekket den totale oversikten over situasjonen som igjen medførte at både politi og helse fikk utfordringer når det gjaldt kommunikasjon og organisering av skadestedsarbeidet. I tillegg mener SHT at en fagleder brann i KO kunne hatt bedre oversikt over alle brannvesenets innsatsstyrker, og kunne sikret oppdatert informasjon om forholdene på Gudvangensiden av tunnelen.

SHT vurderer at denne situasjonen var påvirket av at innsatsplanen for tunnelen hadde mangler. Dette viser også betydningen av gode planverk og felles forståelse av alt redningsarbeid ved brann i tunneler.

2.5.3 Organisering og dimensjonering av brannvesenets slukke- og redningsinnsats

SHT vil berømme den redningsinnsatsen som ble gjort inne i Gudvangatunnelen. Da brannvesenet anså at brannen var tilstrekkelig slukket søkte de innover i tunnelen og trafikanter ble fortløpende og effektivt reddet ut. Brannvesenets innsatspersonell utsatte seg selv for stor risiko. Brannmannskapene utviste god improvisasjon og berømmelig innsats da de fullastet sine biler med personer, og lot brannmannskap være igjen i tunnelen for å få med seg flest mulig av de trafikantene som hadde blitt fanget i røyken.

Totalt var 47 innsatspersoner fra brannvesenet i Sogn og Fjordane og i Hordaland operative. SHT mener dette burde være tilstrekkelig til både å slukke brannen og evakuere 67 personer fra tunnelen. SHT mener at rednings- og evakueringsarbeidet kunne vært gjennomført noe raskere hvis det hadde vært flere kjøretøy og innsatspersonell som hadde deltatt fra Aurlandsiden. På grunn av røykutvikling og dårlige siktforhold på Gudvangensiden av tunnelen ble derfor halvparten av innsatspersonellet passivisert.

Innsatsledelsen i Sogn og Fjordane besluttet etter nøye vurdering å sende to røykdykkerlag fra Bergen brannvesen til Gudvangen for å delta i søket etter personer i Gudvangatunnelen. SHT vurderer at dette var lite veloverveid da Voss brannvesen allerede hadde trukket seg ut av tunnelen på grunn av manglende sikt, og mente det av sikkerhetsmessige grunner ikke var forsvarlig å være inne i tunnelen. Røykdykkerne fra Bergen brannvesen burde etter SHTs vurdering blitt fløyet til Aurlandsiden, og gått inn i tunnelen derfra.

SHT mener at en god innsatsplan, og bedre strategisk ledelse av brannvesenets innsats kunne fanget opp dette.

Aurland brannvern tok ikke med seg den bærbare forsterkeren som var beregnet for bruk i tunneler da de rykket ut til brannen i Gudvangatunnelen. Selv om forsterkeren kan ha variabel effekt avhengig av hvor en er i tunnelen, mener SHT det er viktig å ha rutiner som sikrer at utstyr som kan ha betydning for en effektiv redningsinnsats alltid er med under utrykning. SHT ser positivt på at Aurland brannvern nå har montert forsterker i redningsbilen for bruk i områder med dårlig sambandsdekning.

2.6 Nødetatenes innsats og samarbeid i redningsarbeidet

I dette kapitlet drøftes de øvrige nødetatenes innsats, samt samarbeidet internt og i mellom nødetatene i forbindelse med redningsarbeidet.

2.6.1 Varsling av nødetatene

Varslingen av nødetatene (brann og ambulanse) på Aurlandsiden av tunnelen i Sogn og Fjordane var effektiv og tidsmessig riktig. Varsling av nødetatene på Vossiden skjedde derimot etter 25 min. Dette er etter SHTs oppfatning en uønsket tidsluke. Det bør automatisk være varsling til innsatsstyrkene på begge sider ved ulykker og brann i tunnel. Dette for å sikre en effektiv og riktig redningsinnsats.

I dette tilfellet hadde ikke tidsluken betydning for hendelsens alvorlighetsgrad og skadeomfang, da røyken fra brannen ble ventilert mot Gudvangen og deler av tunnelen allerede var blitt fylt med røyk. Innsatspersonellet fra Hordaland hadde ikke hatt mulighet til å gå inn i den røyklagte delen av tunnelen hvor de innesperrede trafikantene befant seg selv om de hadde ankommet 25 minutter tidligere. Dersom brannventilasjonen ikke hadde blitt startet umiddelbart, eller gått i motsatt retning, så ville ressursene fra Hordaland vært avgjørende for å lokalisere, evakuere og bistå trafikantene i tunnelen.

2.6.2 Den akuttmedisinske innsatsen

Den akuttmedisinske innsatsen synes å ha fungert tilfredsstillende med tilstrekkelig omfang av ressurser. Prioritering av pasientene synes også å ha vært vel ivaretatt. Trafikantene ble fortløpende gitt oksygenbehandling og fraktet til sykehus på raskeste og beste tilgjengelige måte.

Videre ser SHT at i en tunnelbrann kan helsebehovet på hver side av tunnelen være svært forskjellig og derfor bør disse kunne styres som individuelle skadested med ulike behov for ressurser. Ambulansepersonell fra Voss ba om flere ressurser fra AMK Hordaland men fikk først negativt svar fordi dette ikke var bestilt fra AMK Førde som ledet operasjonen. Først da luftambulanselege bekreftet behovet ble dette anerkjent. SHT mener at det bør vurderes om de ulike AMK-sentralene kan ta selvstendige beslutninger basert på situasjonsvurderingen fra operativt helsepersonell som er på den aktuelle siden av tunnelen.

2.6.3 Samarbeid og informasjonsflyt mellom nødetatene

Som følge av tunnelens utstrekning og antall trafikanter i tunnelen på hendelsestidspunktet var det et stort behov for innsatspersonell fra alle nødetatene (politi, helse og brann) og fra to fylker (Sogn og Fjordane og Hordaland). Totalt fem forskjellige nødsentraler var involvert i koordineringen av innsatsen. SHT mener at denne brannen viser at det er utfordrende å koordinere, lede og samarbeide i så mange ulike grensesnitt i en krisesituasjon.

Samarbeidet ble enda vanskeligere som følge av at kommunikasjonsnettene mellom nødetatene skulle benytte seg av ble satt ut av funksjon. Spesielt fikk dette betydning for nødetatene på Aurlandsiden av tunnelen. På Gudvangensiden av tunnelen synes kommunikasjon og samarbeid mellom nødetatene å ha fungert, men her ble mange av mannskapene stående passive til hele hendelsen.

SHT anser det som særdeles viktig i slike hendelser å vite hvor trafikanter befinner seg og hvor mange det er for effektivt å kunne innrette redningsinnsatsen. Manglende videoovervåking vanskeliggjorde dette i Gudvangatunnelen, men nødsentralene fikk en viss oversikt gjennom nødsamtalene fra trafikanter i tunnelen. Imidlertid var det ingen samordning mellom de ulike nødetatenes operasjonssentraler vedrørende de ulike nødsamtalene som ble mottatt. Hver nødsentral satt dermed kun med et delvis bilde av den kritiske situasjonen i tunnelen. SHT mener at et bedre oversiktsbilde i slike og lignende situasjoner vil kunne gi et bedre grunnlag for beslutninger om nødetatenes innsats og prioriteringer.

SHT ser heller ikke at informasjonen fra nødsamtalene ble videreformidlet til innsatspersonellet slik at de kunne planlegge innsats og ressurser da de rykket innover i tunnelen. Et konkret eksempel på dette er at AMK Førde og politiets operasjonssentral fikk melding om de kinesiske turistene til fots i tunnelen henholdsvis kl. 1256 og kl. 1306. Brannvesenet var likevel ikke forberedt da de møtte turistene i tunnelen ca. kl. 1410 og måtte derfor sette igjen eget innsatspersonell i tunnelen for å få plass til turistene i bilene.

SHT savner en bedre organisering og kontroll på skadestedet, herunder en formalisert oversikt over hvem og når trafikantene kom ut av tunnelen. Dette må ses i sammenheng med at totalbildet av skadeomfang og antall involverte var uavklart gjennom hele hendelsen.

2.6.4 Samlet vurdering av nødetatens innsats

SHT mener undersøkelsen har avdekket at samarbeid og informasjonsflyt både på tvers av nødetatene og internt i nødetatene ikke var optimal. SHT savner en koordinering av nødetatenes innsatsplaner, samt øvelser for nødetatene i Gudvangatunnelen for å sikre optimal varsling, skadestedsledelse, informasjonsdeling, organisering og dimensjonering. Denne læringen fra Gudvangatunnelen bør tas med til andre tunneler hvor det er nødvendig å samarbeide i flere ulike grensesnitt.

SHT fremmer en sikkerhetstilråding innenfor dette området.

2.7 **Sikkerhetsoppfølging av Gudvangatunnelen**

Statens vegvesen som tunneleier har et klart ansvar for sikkerhetsoppfølging av Gudvangatunnelen. I rapporten etter brannen i Oslofjordtunnelen omtalte SHT Statens vegvesens sikkerhetsstyring og fant at den risikobaserte sikkerhetsstyringen var mangelfull. I denne hendelsen ser SHT igjen at Statens vegvesen har manglet bevissthet omkring risikofaktorene ved brann i tunnel og hvilke tiltak som må iverksettes for å redusere risiko. Brannene i spesielt Oslofjord- og Gudvangatunnelen vitner om et storulykkespotensial ved brann i tunge kjøretøy i lange ettløpstunneler med påfølgende røykutvikling. Denne tankegangen savner SHT i tunnelforvaltningen.

2.7.1 Branntilsyn

Begge tilsynene (2009 og 2011) som Aurland brannvern hadde gjennomført i Gudvangatunnelen var systemtilsyn, hvor beredskapsplaner og dokumentasjon i forbindelse med tunnelens infrastruktur og tekniske utstyr ble gjennomgått. Det ble ikke gjennomført stedlig tilsyn i Gudvangatunnelen. SHT mener derfor at tilsynet i

Gudvangatunnelen ikke har vært av en slik karakter at man kunne klare å fange opp de sikkerhetskritiske faktorene for å ivareta selvredning som viste seg i denne hendelsen.

2.7.2 Øvelser

Ut fra informasjon SHT har fått fra Aurland Brannvern er det gjennomført en samvirkeøving i Gudvangatunnelen før åpningen i 1991, og en samvirkeøving i Flenjatunnelen. I tillegg opplyser Aurland brannvern i notat oversendt SHT i februar 2015 at det før 2013 er gjennomført flere andre øvelser i Gudvangatunnelen uten at disse er tidfestet. Statens vegvesen har i tillegg gjennomført tester av teknisk utstyr i tunnelen i perioden 2004 – 2009. Det er ikke dokumentert at ovennevnte øvelser og tester er gjennomført i henhold til beskrivelsen i Håndbok R511 Sikkerhetsforvaltning av vegtunneler (HB R511).

SHT mener øvelser er en viktig del av sikkerhetsoppfølgingen i tunneler. Ved gjennomføring av scenariobaserte øvelser vil man kunne få et bilde av hvordan forholdene fungerer og potensielt avdekke svikt i både rutiner og utstyr. SHT mener at øvelser sammen med stedlige tilsyn i tunnelen kunne avdekket flere av de sikkerhetskritiske forholdene i Gudvangatunnelen relatert til evakueringsmuligheter, sambandsutstyr, muligheter for trafikkstyring og trafikantinformasjon, samt problemstillinger ved røykstyring. SHT mener forøvrig det er lagt for liten vekt på selvredning og evakuering i det som er beskrevet i kapittel 16 – Opplæring, trening og øvelser i HB R511.

2.7.3 Risikovurderinger

Risikoanalysen som ble ferdigstilt i april 2013 (se kapittel 1.14.2.2) identifiserte flere reelle problemstillinger som ble visualisert i brannen noen måneder senere. Formålet med risikoanalysen var å oppfylle kravene i tunnelsikkerhetsforskriften og en videre oppgradering av tunnelen i henhold til dette. Gjennom risikoanalysen fikk Statens vegvesen Region vest den nødvendige kunnskapen om sikkerhetstilstanden i tunnelen, herunder at den valgte strategien for brannslukking og redning med bruk av brannventilasjon ikke var anbefalt.

Risikoanalysen har identifisert akkurat det kritiske scenarioet som oppstod i forbindelse med denne hendelsen. SHT mener at det basert på denne risikoanalysen kunne vært identifisert og gjennomført strategiske og operasjonelle tiltak i tunnelen. Samtidig ser SHT at rapporten hadde et annet formål. Statens vegvesen Region vest var også i gang med å planlegge oppgradering av tunnelen i henhold til funnene i risikoanalysen, men ingen forpliktende framdriftsplan var fremlagt på hendelsestidspunktet.

2.7.4 Erfaringslæring

Hendelsen i Gudvangatunnelen viser også at erfaringslæringen internt i Statens vegvesen ikke har fungert, dvs. at den hendelsesbaserte sikkerhetsstyringen har sviktet. Det har vært få hendelser i Gudvangatunnelen tidligere, men da mener SHT at lærdom bør trekkes fra hendelser i andre tunneler og fra andre regioner. I dette tilfellet ser vi at tilsvarende svakheter som ble funnet i forbindelse med hendelsen i Oslofjordtunnelen har inntruffet over et år senere i Gudvangatunnelen. SHTs rapport om Oslofjordtunnelen var ikke publisert da brannen i Gudvangatunnelen inntraff, men både Statens vegvesen og DSB var godt kjent med de aktuelle problemstillingene som drøftes i rapporten.

Ved brannen i Oslofjordtunnelen erfarte røykdykkerne at de ikke kunne komme inn i den røykfylte tunnelåpningen. I Gudvangatunnelen viste det seg igjen at den valgte ventilasjonsstrategien medførte at det ikke var gjennomførbart at slukking skal skje fra en side og søk/redning fra en annen side. En annen lærdom fra brannen i Oslofjordtunnelen er at trafikanter må gis mulighet til å evakuere før tunnelen fylles med røyk.

2.7.5 Beredskaps- og innsatsplanerplaner

Beredskapsplaner er i prinsippet en avtale mellom tunneleier og brannvesenet om ansvarsdeling og innsats dersom det skulle oppstå et uhell i tunnelen, og er et svært viktig dokument for å sikre god beredskap og innsats ved brann. Imidlertid ser SHT, det samme som for Oslofjordtunnelens beredskapsplan, at beredskapsplanen for Gudvangatunnelen i hovedsak omhandler de tekniske installasjonene i tunnelen og i liten grad behandlet forutsetninger for selvredning og evakuering av trafikanter. Beredskapsplanen beskrev ikke konkrete tiltak for å hindre at trafikanter ble fanget i røyk eller tiltak for å ivareta selvredning. SHT mener at beredskapsplanen for Gudvangatunnelen og hendelsen som fulgte er et eksempel på mangelfull planlegging.

Aurland brannvern har ansvaret for å utarbeide innsatsplan for Gudvangatunnelen som særskilt brannobjekt. Planen skal være en forlengelse av beredskapsplanen som Statens vegvesen utarbeider for tunnelen. Undersøkelsen har vist at Aurland brannvern hadde utarbeidet generelle rutiner for utrykning til tunnel, men de hadde ikke utarbeidet en spesiell plan for innsats i Gudvangatunnelen. Aurland brannverns generelle rutiner for innsats i tunnel dekket etter SHTs vurdering ikke det kravet som stilles til en innsatsplan. SHT vurderer at det er avgjørende viktig at Aurland brannvern utarbeider innsatsplan for Gudvangatunnelen, slik at sikkerheten for trafikantene kan ivaretas på en god måte.

SHT er kritisk til at den oppdaterte beredskapsplanen for Gudvangatunnelen og Aurland brannverns generelle rutiner for utrykning til tunnel legger opp til uendret brannventilasjonsstrategi. Det er heller ikke i den nye beredskapsplanen og generelle rutiner for utrykning til tunnel nevnt tiltak for å evakuere trafikantene før brannventilasjonen blir igangsatt.

2.7.6 Samlet vurdering av sikkerhetsoppfølging

Svakhetene som er avdekket i denne undersøkelsen når det gjelder forutsetningene for selvredningsprinsippet har etter SHTs vurdering sammenheng med den samlede sikkerhetsoppfølgingen av tunnelen både fra Statens vegvesens og brannvesenets side. Tunnelens beredskapsplan omhandler i liten grad forutsetninger for selvredning og evakuering. Statens vegvesens sikkerhetsstyring hadde ikke fanget opp sikkerhetskritiske faktorer. Øvelser som beskrevet i HB R511 var ikke gjennomført og tilsynet med tunnelen som særskilt brannobjekt var mangelfull. Aurland brannvern manglet også egen innsatsplan for Gudvangatunnelen.

Det fremmes en sikkerhetstilråding på dette området.

2.8 **Overordnede retningslinjer for tunnelsikkerhet vs. selvredningsprinsippet**

SHT mener, med bakgrunn i denne hendelsen og rapportene fra SINTEF, Oslo universitetssykehus og Sveriges Tekniska Forskningsinstitut, at det grunnleggende prinsippet for brannventilasjon i Gudvangatunnelen og andre lange veitunneler må revurderes. Kunnskapen som fremkommer i denne rapporten tilsier at bruken av

brannventilasjon bør grundig gjennomgås, og nytt planverk og tiltak for å overvåke tunneler bør etableres. I tillegg må muligheter og rutiner for trafikantinformasjon i tunneler gjennomgås.

Undersøkelsene har avdekket svakheter i Statens vegvesens oppfølging og bruk av tekniske installasjoner og sikkerhetsutstyr i Gudvangatunnelen. Det er også avdekket svakheter i brannvesenets tilsyn med tunnelen relatert til å avdekke at tunnelen og planverk ikke var tilrettelagt for å ivareta selvredning. Lignende svakheter ble funnet i sikkerhetsstyring og tilsyn med Oslofjordtunnelen. Dermed mener SHT at Vegdirektoratet og DSB sammen må ta en overordnet rolle for å forbedre dette.

Undersøkelsene har vist at røykstyring og evakuering av trafikanter i lange ettløpstunneler er mer krevende enn det som er beskrevet i tunnelenes beredskapsplaner. Beslutninger i brannslukkings- og redningsarbeidet bør tas ut i fra stedlige observasjoner og vurderinger av hver enkelt brann, tunnel og trafikkbilde – og ikke ut i fra forhåndsbestemte strategier.

SHT ser behov for et tettere samarbeid mellom DSB, brannvesen og andre brannfaglige miljøer for å se på den prinsipielle strategien for selvredning i tunneler. For å kunne fatte riktige og effektive beslutninger bør kompetanse om evakuering og røykstyring i veitunneler økes gjennom tverrfaglig samarbeid, og om nødvendig med bruk av eksterne kompetansemiljøer.

Samtidig må Vegdirektoratet ha fokus på tunnelenes beredskapsplaner og forutsetningene for selvredning i den særskilte tunnel. Når en tunnel er minimalt utrustet må det være fokus på kompenserende operasjonelle og strategiske tiltak som gode beredskaps- og innsatsplaner, redningsøvelser og samarbeidsrutiner mellom nødetatene. Slike kompenserende tiltak manglet i Gudvangatunnelen.

3. KONKLUSJON

3.1 Vesentlige undersøkelsesresultater av betydning for sikkerheten

Etter SHTs vurdering feilet det på fire vesentlige punkter da 67 personer ble fanget i røyken i den 11,4 km lange tunnelen og 28 personer ble hardt skadet:

1. Tunnelen var ikke utstyrt med noen form for overvåking eller telling av kjøretøy som ga kontinuerlig informasjon om hvor mange kjøretøy som befant seg i tunnelen. Vegtrafikksentralen (VTS) og brannvesenet hadde dermed ikke oversikt over hvor mange kjøretøy som befant seg på den siden av brannen som røyken ble styrt.
2. Det ble ikke gitt informasjon til trafikantene om at det var behov for umiddelbar evakuering. Kun de som sto nærmest brannstedet eller oppfattet situasjonen på et tidlig tidspunkt klarte å evakuere før tunnelen ble fylt med røyk.
3. Forhåndsbestemt strategi for brannslukkings- og redningsarbeid som er nedfelt i tunnelens beredskapsplan medførte at VTS, umiddelbart etter at brannen ble meldt, rutinemessig startet brannventilasjon slik at røyken fra brannen ble ventilert 8,5 km mot Gudvangen. Røyken blokkerte den eneste evakueringsmuligheten for trafikantene på Gudvangensiden av brannen.
4. Tunnelutforming og sikkerhetsutrustning var dårlig tilrettelagt for selvredning.

Grunnlaget for selvredningsprinsippet var dermed ikke ivaretatt, og SHT mener at dette er den vesentligste læringen fra denne hendelsen.

3.2 Undersøkelsesresultater

3.2.1 Brannen

- a) Det har ikke vært mulig å påvise eksakt hvorfor det begynte å brenne i vogntoget i Gudvangatunnelen. Etter SHTs vurdering er de forholdene som kan ha medvirket til brannen vanskelig å oppdage ved en vanlig sikkerhetskontroll av dette kjøretøyet.
- b) Føreren iverksatte nødvendige tiltak da han fikk indikasjon om at noe var feil med vogntoget. Han forsøkte å slukke brannen med et 6 kg brannslukkingsapparat fra egen bil.
- c) SINTEF NBL har estimert branneeffekten i vogntoget til å ligge på ca. 25 MW ved en forbrent mengde på 200 liter diesel. Tunnelens ventilasjonsanlegg ble dimensjonert til å kunne håndtere en brann på 5 MW, men har en kapasitet til ca. 20 MW.

3.2.2 Tunnelens sikkerhetsutrustning og brannventilasjon

- a) Brannslukkingsutstyret i tunnelen var ikke tilpasset for å kunne stoppe utviklingen av brannen.
- b) Umiddelbart etter at VTS fikk melding om brannen kl. 1203 ble tunnelen stengt ved at de røde blinkende lysene på utsiden av tunnelen ble aktivert. Tunnelen var ikke utstyrt med bomber på hendelsestidspunktet.

- c) Brannventilasjonen ble rutinemessig startet av VTS slik at røyken fra brannen ble ventilert 8,5 km mot Gudvangen. Dette var i henhold til retningslinjene i beredskapsplanen om at det nærmeste brannvesenet til tunnelen skulle gå inn fra den røykfrie side og slukke brannen, og at røyken skulle tynnes med frisk luft slik at den ble mindre skadelig for trafikantene. Samtidig gir dette en spredning av røyk til områder i tunnelen som kunne vært røykfrie i en lengre periode.
- d) Programmeringen av brannventilasjonshastigheten var ikke i henhold til det som er beskrevet i Beredskapsplanen. Beredskapsplanen oppga en brannventilasjonshastighet på 1 – 2 m/s, mens den var programmert til 2,5 m/s.
- e) Brannventilasjonen oppfylte ikke beredskapsplanens krav til lufthastighet på 1-2 m/s i perioden mellom kl. 1354 - 1409 hvor lufthastigheten i retning mot Gudvangen i en periode var nede i ca. 0,8 m/s.
- f) Det var montert skilt i tunnelen som kunne gitt trafikantene informasjon om å snu, og det var mulighet for muntlig informasjon gjennom innsnakk i radio. Dette ble ikke brukt og dermed fikk ikke trafikantene i tunnelen informasjon som potensielt kunne bistått dem i sin selvredning.
- g) Gudvangatunnelen var dårlig tilrettelagt for selvredning med tanke på utforming, tekniske installasjoner og sikkerhetsutstyr. Trafikantene hadde ingen andre rømningsveier enn tunnelåpningene i den 11,4 km lange tunnelen.
- h) Radioanlegget i Gudvangatunnelen var sårbart for varme og manglet to-veis mating av strålekabelsegmenter. Da dette falt ut hadde det direkte innvirkning på skadestedsarbeidet.

3.2.3 Selvredning og konsekvensene for trafikantene

- a) Av de som ble hindret av det brennende vogntoget var det kun de som oppfattet situasjonen på et tidlig tidspunkt som klarte å evakuere før tunnelen ble fylt med røyk.
- b) Grunnlaget for selvredningsprinsippet var ikke ivaretatt fordi røyken blokkerte den eneste evakueringsmuligheten for trafikantene på Gudvangensiden av brannen uten at trafikantene hadde fått informasjon og mulighet til å evakuere tunnelen.
- c) Få snunisjer/havarilommer og minimal sikt vanskeliggjorde evakuering med bil. De som evakuerte til fots fikk pustebesvær og mistet orienteringsmuligheter.
- d) SINTEFs undersøkelse gir et alvorlig bilde av den kritiske situasjonen trafikantene befant seg i, hvordan de opplevde situasjonen og hvilke traumer de ble utsatt for.
- e) Hendelsen medførte 28 tilfeller av akutt røyksskade, og rapporten utarbeidet av Oslo universitetssykehus konkluderer med 23 alvorlig skadde og fem meget alvorlig skadde.
- f) I dette tilfellet var tidsrommet for opphold i tunnelen akkurat innenfor trafikantenes tåleevne uten å bli satt i akutt livsfare. Ung alder og god helse bidro sannsynligvis til dette.

- g) Røykskadene som ble påført de 28 personene er ikke registrert i SSBs skadestatistikk over veitrafikkulykker. Det er heller ikke systematisk registrering av denne type skader i Helsedirektoratets register over personskader.
- h) Det var mest alvorlig for trafikantene som gikk til fots mot Gudvangen og ikke ble plukket opp av redningsmannskap og som hadde oppholdt seg lengst i tunnelen utenfor bilen.
- i) I denne brannen var det tilrådelig å bli sittende i bilen så lenge som mulig, og helst til man ble funnet av redningsmannskaper. Det er ikke sikkert at dette ville være den beste løsningen under andre omstendigheter.
- j) SMS-meldinger til trafikanter som oppholder seg innenfor nærmere definerte områder er en potensielt effektiv informasjonskanal ved slike hendelser i tunnel.

3.2.4 Brannslukking og redningsarbeid

- a) Brannvesenet arbeidet ut i fra en forhåndsdefinert brannventilasjonsretning og - hastighet og prioriterte slukking av brannen før evakuering av trafikantene.
- b) Brannen ble slukket innenfor en tidsramme på 25 minutter.
- c) Brannvesenets videre redningsinnsats inne i tunnelen var effektiv, og innsatspersonellet utsatte seg for stor risiko.
- d) Brannvesenet måtte sette igjen eget innsatspersonell for å få plass til turistene fra bussen som ble stående igjen i tunnelen.
- e) Svikt i kommunikasjonen mellom VTS, 110-sentralen i Sogn og Fjordane og Aurland brannvesen medførte at radioinnsnakk ikke ble benyttet.
- f) Innsatspersonellet på Gudvangensiden var passivisert som følge av røyken. Etter SHTs vurdering burde røykdykkerne fra Bergen brannvesen blitt fløyet til Aurlandsiden, og gått inn i tunnelen fra denne siden.

3.2.5 Nødetatenes innsats og samarbeid

- a) Varsling av nødetatene i Hordaland som skulle ivareta Gudvangensiden av tunnelen skjedde etter 25 min. Dette er etter SHTs oppfatning en uønsket tidsluke, men det hadde ikke betydning for hendelsens alvorlighetsgrad og skadeomfang ut i fra den strategi som var valgt for brannslukkings- og redningsarbeidet.
- b) Den akuttmedisinske innsatsen fungerte tilfredsstillende med tilstrekkelig omfang av ressurser. Trafikantene ble fortløpende prioritert, gitt oksygenbehandling og fraktet til sykehus på raskeste og beste tilgjengelige måte.
- c) Det var ingen fagleder brann i KO som kunne ha totaloversikt over situasjonen, samt ingen samordning og formidling av informasjon fra nødsamtaler til innsatspersonell i tunnelen. Dette medførte etter SHTs vurdering en svakere totaloversikt over situasjonen, samt utfordringer i kommunikasjon og organisering av skadestedsarbeidet.

- d) Det er utfordrende å varsle, koordinere, lede og samarbeide i så mange ulike grensesnitt i en krisesituasjon (nødetatene fra to fylker og totalt fem nødsentraler involvert).
- e) SHT savner en koordinering av nødetatenes innsatsplaner, samt øvelser for nødetatene i Gudvangatunnelen for å sikre optimal varsling, skadestedsledelse, informasjonsdeling, organisering og dimensjonering.

3.2.6 Sikkerhetsoppfølging og planverk

- a) SHTs undersøkelser i Gudvangatunnelen og Oslofjordtunnelen viser at den forhåndsdefinerte strategi for brannvesenets slukke- og redningsarbeid med bruk av brannventilasjon, som definert i beredskapsplanene, er i konflikt med selvredning.
- b) Beredskapsplanen for Gudvangatunnelen omhandlet i hovedsak de tekniske installasjonene i tunnelen og i liten grad forutsetninger for selvredning og evakuering av trafikanter. Beredskapsplanen beskrev ikke konkrete tiltak for å hindre at trafikanter ble fanget i røyk eller tiltak for å ivareta selvredning. Aurland brannvern har utarbeidet generelle rutiner for utrykning til tunnel, men har ikke utarbeidet spesiell plan for innsats i Gudvangatunnelen som var vedlagt beredskapsplanen.
- c) Det er ikke dokumentert at det er gjennomført øvelser i reell størrelse eller deløvelser som beskrevet i HB R511 i Gudvangatunnelen, som potensielt kunne ha fanget opp sikkerhetskritiske faktorer for å ivareta selvredning.
- d) Risikoanalysen som ble ferdigstilt i april 2013 av Matrisk for Statens vegvesen identifiserte akkurat det kritiske scenarioet som oppstod i forbindelse med denne hendelsen. Statens vegvesen Region vest var i gang med å planlegge oppgradering av tunnelen i henhold til funnene i risikoanalysen, men ingen strakstiltak var gjennomført.
- e) Undersøkelsen har avdekket svakheter i Statens vegvesens sikkerhetsstyring for Gudvangatunnelen med hensyn på oppfølging av sikkerhetskritiske faktorer, erfaringslæring og planverk for å ivareta selvredning.
- f) Tilsynet med Gudvangatunnelen som særskilt brannobjekt har ikke vært av en slik karakter at man kunne klare å fange opp de sikkerhetskritiske faktorene som viste seg i denne hendelsen, samt avdekke at tunnelen og planverk ikke var tilrettelagt for å ivareta selvredning.

4. SIKKERHETSTILRÅDINGER

Undersøkelsen av denne hendelsen har avdekket flere områder hvor havarikommisjonen anser det som nødvendig å fremme sikkerhetstilrådinger som har til formål å forbedre trafikk sikkerheten.⁷

Sikkerhetstilråding VEI nr. 2015/02T

Undersøkelsen av brannen i Gudvangatunnelen 5. august 2013 avdekket svakheter ved tunnelens utforming og sikkerhetsutrustning som hadde direkte betydning for redningsarbeid og evakuering av trafikanter. Dette omfatter ikke tilpasset brannslukningsutstyr, ventilasjonsanlegg med styringsfeil, sårbart nødsambandsnett uten to-veis mating, manglende trafikkstyring, overvåkning og oversikt over kjøretøy i tunnelen, samt begrensede hjelpemidler for evakuering.

Statens havarikommisjon for transport tilrår at Statens vegvesen forbedrer sikkerhetsutrustningen i Gudvangatunnelen for å ivareta robusthet og forutsetninger for selvredning.

Sikkerhetstilråding VEI nr. 2015/03T

Undersøkelsen av brannen i Gudvangatunnelen 5. august 2013 avdekket at trafikantene ikke fikk noen informasjon som potensielt kunne bistått dem i sin selvredning. Informasjonsskilt og radioinnsnakk ble ikke benyttet. Kun de som sto nærmest brannstedet eller oppfattet situasjonen på et tidlig tidspunkt klarte å evakuere før tunnelen ble fylt med røyk. SHT mener trafikantinformasjon er essensielt for å ivareta selvredningsprinsippet.

Statens havarikommisjon for transport tilrår at Statens vegvesen og aktuelle brannvesen forbedrer trafikantinformasjon ved brann i Gudvangatunnelen. Herunder bør både skilting, radioinnsnakk og SMS-varsling vurderes.

Sikkerhetstilråding VEI nr. 2015/04T

Undersøkelsen av brannen i Gudvangatunnelen 5. august 2013 avdekket at fem personer ble kritisk skadet og 23 personer ble alvorlig skadet av røyken. Dette er langt alvorligere enn først antatt. Røykskadene er ikke registrert i Statistisk sentralbyrå (SSB) sin skadestatistikk over veitrafikkulykker eller i Helsedirektoratets register over personskader. SHT mener det bør foretas en systematisk registrering av personskader i forbindelse med hendelser i tunneler slik at disse opplysningene kan benyttes i forbindelse med forebyggende arbeid.

Statens havarikommisjon for transport tilrår at Statens vegvesen arbeider for at SSB og/eller Helsedirektoratet inkluderer personskader som følge av røykpåvirkning i forbindelse med tunnelbranner i relevant ulykkesstatistikk.

Sikkerhetstilråding VEI nr. 2015/05T

Ved brannen i Gudvangatunnelen 5. august 2013 ble røyken ventilert 8,5 km fra brannstedet mot tunnelåpningen i Gudvangen før trafikantene hadde fått informasjon om å evakuere tunnelen. Dette resulterte i at 67 personer ble fanget i røyken og 28 personer ble påført alvorlige røykskader. SHT mener at forutsetningene for selvredningsprinsippet

⁷ Undersøkelsesrapport oversendes Samferdselsdepartementet som treffer nødvendige tiltak for å sikre at det tas behørig hensyn til sikkerhetstilrådingene, jf. Forskrift 30. juni 2005 om offentlige undersøkelser og om varsling av trafikkulykker mv., § 14.

ikke var oppfylt gjennom forhåndsbestemt strategi for brannslukkings- og redningsarbeid som definert i tunnelens beredskapsplan. Tilsvarende funn ble også avdekket ved brannen i Oslofjordtunnelen 23. juni 2011.

Statens havarikommisjon for transport tilrår at DSB og brannvesenet, i samråd med Statens vegvesen, reviderer strategien for brannslukking, redning og røykstyring i lange ettløpstunneler slik at brannventilasjonen i minst mulig grad kommer i konflikt med trafikantenes muligheter for selvredning.

Sikkerhetstilråding VEI nr. 2015/06T

Undersøkelsen av brannen i Gudvangatunnelen 5. august 2013 viser utfordringer for nødetatene når det gjelder å varsle, koordinere, lede og samarbeide i så mange ulike grensesnitt i en krisesituasjon. Samarbeidet ble enda vanskeligere som følge av at kommunikasjonsnettets nødetatene skulle benytte seg av ble satt ut av funksjon og at fagleider brann ikke var i KO. SHT savner en koordinering av nødetatenes innsatsplaner i Gudvangatunnelen for å sikre optimal varsling, skadestedsledelse, informasjonsdeling, organisering og dimensjonering.

Statens havarikommisjon for transport tilrår at involverte nødetater (brann, helse, politi) ved brann i Gudvangatunnelen koordinerer planverk for å sikre varsling, skadestedsledelse, informasjonsdeling og tilstrekkelige ressurser.

Sikkerhetstilråding VEI nr. 2015/07T

Undersøkelsen av brannen i Gudvangatunnelen 5. august 2013 har avdekket at grunnlaget for selvredning ikke var ivarettatt. Svakheter har sammenheng med mangelfull sikkerhetsoppfølging av tunnelen. Tunnelens beredskapsplan og VTS og brannvesenets innsatsplan/rutiner for utrykning til tunnel omhandlet i liten grad forutsetninger for selvredning og evakuering. Aurland brannvern hadde ikke utarbeidet innsatsplan for Gudvangatunnelen. Øvelser som er beskrevet i HB R511 var ikke gjennomført og brannvesenets tilsyn med tunnelen som særskilt brannobjekt var mangelfull.

Statens havarikommisjon for transport tilrår at Statens vegvesen Region vest og Aurland brannvern i samarbeid oppdaterer og koordinerer Gudvangatunnelens beredskapsplaner og innsatsplaner for å styrke forutsetningene for selvredning, samt gjennomføre tilsyn og scenariobaserte øvelser i Gudvangatunnelen.

Statens havarikommisjon for transport

Lillestrøm, 11. mars 2015

REFERANSER

Statens vegvesen (2006b). *Retningslinje, Trafikkberedskap, Håndbok R611*. Vegdirektoratet

Statens vegvesen (2010). *Vegtunneler, Normal, Håndbok N500*. Vegdirektoratet

DSB rapport HR 2284. *Brannen i Gudvangatunnelen, læring og erfaringer*, 2014

Statens vegvesen Region vest. *Brann i Gudvangatunnelen 5. august 2013, evalueringsrapport*, 2013

DSB rapport HR 2296. *Nasjonalt risikobilde 2014, 2015*

Aurland brannvern. *Trailerbrann i Gudvangatunnelen 05.08.2013*, 2014

VEDLEGG

Vedlegg A: Safety recommendations

Vedlegg B: Tidslinje til rapport

Vedlegg C: Rapport fra SINTEF Teknologi og samfunn om trafikantenes opplevelser

Vedlegg D: Rapport fra Oslo universitetssykehus om helsemessige effekter

Vedlegg E: Rapport fra SINTEF NBL om branneffekt

Vedlegg F: Rapport fra SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut om røykgassproduksjon

Vedlegg A: Safety recommendations (English translation)

The investigation of this accident has identified several areas in which the AIBN deems it necessary to submit safety recommendations for the purpose of improving road safety.⁸

Safety recommendation ROAD no 2015/02T

The investigation of the fire in the Gudvangatunnelen tunnel on 5 August 2013 uncovered weaknesses in the tunnel's design and safety equipment that had a direct bearing on the rescue work and evacuation of road users. They include under-dimensioned fire extinguishing equipment, a ventilation system with a control fault, a vulnerable communications network without redundancy, inadequate traffic control, monitoring and overview of vehicles in the tunnel, and limited aids for evacuation.

The Accident Investigation Board Norway (AIBN) recommends that the Norwegian Public Roads Administration improve the safety equipment in Gudvangatunnelen tunnel in order to ensure its robustness and satisfy the requisite conditions for self-rescue.

Safety recommendation ROAD no 2015/03T

The investigation of the fire in Gudvangatunnelen tunnel on 5 August 2013 revealed that road users were not given information that could potentially have helped them in their self-rescue efforts. Information signs and radio alerts were not used. Only those in the immediate vicinity of the fire scene or who realised what was happening at an early stage managed to evacuate before the tunnel filled with smoke. The AIBN believes that giving road users information is essential in order to comply with the self-rescue principle.

The Accident Investigation Board Norway recommends that the Norwegian Public Roads Administration and relevant fire services improve information for road users in the event of a fire in Gudvangatunnelen tunnel. Signs, radio alerts and text message notification should be considered, among other things.

Safety recommendation ROAD no 2015/04T

The investigation of the fire in Gudvangatunnelen tunnel on 5 August 2013 revealed that five people were severely injured and 23 seriously injured by the smoke. That is much more serious than was first assumed. The smoke injuries are not registered in Statistics Norway's injury statistics for road traffic accidents or in the Norwegian Directorate of Health's register of personal injuries. The AIBN believes that personal injuries in tunnels should be systematically registered, so that this information can be used in connection with preventive work.

The Accident Investigation Board Norway recommends that the Norwegian Public Roads Administration take steps to ensure that Statistics Norway and/or the Directorate of Health include personal injuries as a result of exposure to smoke in connection with tunnel fires in relevant accident statistics.

Safety recommendation ROAD no 2015/05T

In connection with the fire in Gudvangatunnelen tunnel on 5 August 2013, the smoke was ventilated from the fire scene towards the tunnel opening in Gudvangen before the road users had a chance to evacuate from the tunnel. This resulted in 67 people becoming trapped in the smoke and 28 people

⁸ The investigation report is submitted to the Ministry of Transport and Communications, which will take necessary measures to ensure that due consideration is given to the safety recommendations, cf. the Regulations of 30 June 2005 on Public Investigation and Notification of Traffic Accidents etc. Section 14.

suffering serious smoke injuries. The AIBN believes that the requisite conditions for the self-rescue principle were not met through the pre-defined strategy for fire extinguishing and rescue work as defined in the tunnel's emergency response plan. Corresponding findings were also made in connection with the fire in the Oslofjord tunnel on 23 June 2011.

The Accident Investigation Board Norway recommends that the Directorate for Civil Protection (DSB) and the fire service, in consultation with the Norwegian Public Roads Administration, revise the strategy for fire extinguishing, rescue and smoke control in long single-lane tunnels, so that, as far as possible, the fire ventilation does not come into conflict with the road users possibility of rescuing themselves.

Safety recommendation ROAD no 2015/06T

The investigation of the fire in Gudvangatunnelen tunnel on 5 August 2013 shows that the emergency services face challenges as regards notifying, coordinating, leading and cooperating along so many different interfaces in a crisis situation. The cooperation was made even more difficult as a result of the communications network that the emergency services were to use being put out of action and the fire incident commander not being in the command centre. The AIBN has identified a lack of coordination of the emergency services' response plans in the Gudvangatunnelen tunnel with respect to ensuring optimal notification, incident site command, information sharing, organisation and dimensioning.

The Accident Investigation Board Norway recommends that the emergency services involved (the fire service, health service, police) in the Gudvangatunnelen tunnel coordinate the plans for notification, incident site command, information sharing and for ensuring sufficient resources.

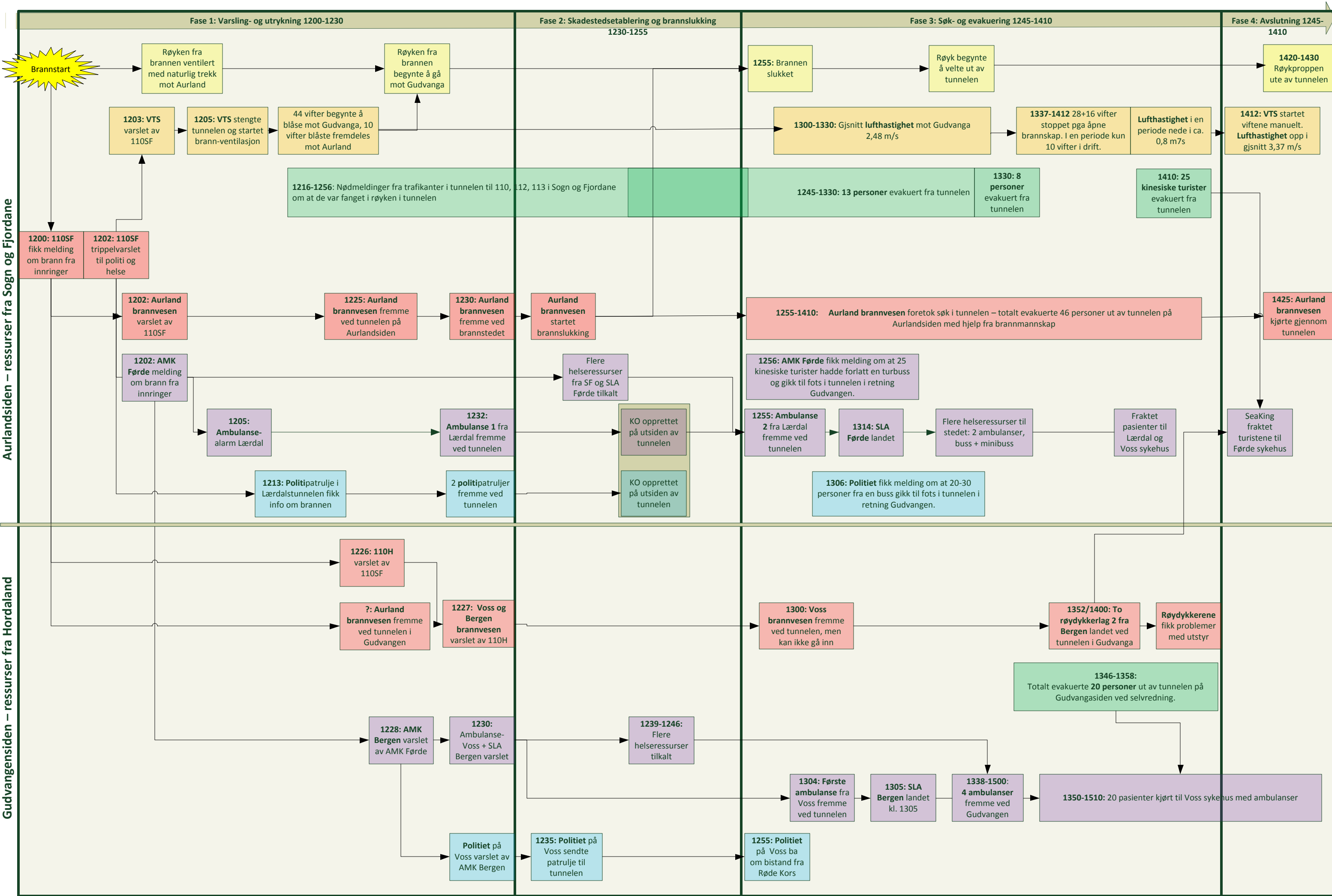
Safety recommendation ROAD no 2015/07T

The investigation of the fire in Gudvangatunnelen tunnel on 5 August 2013 has shown that the requisite conditions for self-rescue were not present. The weaknesses are related to inadequate safety follow-up of the tunnel. The tunnel's emergency response plan and the Road Traffic Centre's and fire service's incident response plans/procedures for call-out to the tunnel said little about what was necessary to enable self-rescue and evacuation. Aurland fire service had not prepared an incident response plan for the Gudvangatunnelen tunnel. Drills described in HB R511 were not held and the fire service's inspection of the tunnel as a special fire object was inadequate.

The Accident Investigation Board Norway recommends that the Norwegian Public Roads Administration Region West and Aurland fire service cooperate on updating and coordinating the emergency response and incident response plans for Gudvangatunnelen tunnel in order to improve the possibility of self-rescue, and carry out inspections and scenario-based drills in Gudvangatunnelen tunnel.

Aurlandsiden – ressurser fra Sogn og Fjordane

Gudvangensiden – ressurser fra Hordaland



**SINTEF Teknologi og samfunn**

Postadresse:
Postboks 4760 Sluppen
7465 Trondheim

Sentralbord: 73593000
Telefaks:

ts@sintef.no
www.sintef.no
Foretaksregister:
NO 948 007 029 MVA

Brannen i Gudvangatunnelen i 2013

En beskrivelse av de opplevelser trafikantene hadde flere km inne i den røykfylte tunnelen og hvordan de gjennomførte selvredningen

VERSJON

1.0

DATO

2014-12-08

FORFATTER(E)

Dagfinn Moe
Dag Eiliv Bertelsen

OPPDRAKSGIVER

Statens havarikommisjon for transport

OPPDRAKSGIVERS REF.

Rolf Mellum
Martin Visnes

PROSJEKTNR

102005551

ANTALL SIDER OG VEDLEGG:

22

SAMMENDRAG

SINTEF Transportforskning har gjennomført intervjuer med enkeltpersoner og familier som var i Gudvangatunnelen under brannen 5. august 2013. Det ble gjennomført en befarings av tunnelen og samtaler med redningsmannskapene på begge sider av tunnelen før intervjuene av trafikantene. Vårt fokus har vært trafikantenes opplevelser knyttet til selvredning. Følgende momenter har vært sentrale:

- Hvilke psykiske og fysiske belastninger ble trafikantene utsatt for når de skulle redde seg ut av den plutselig røykfylte tunnelen?
- Hvilken informasjon fikk de og hvilke hjelpemidler var tilgjengelige som kunne assistere dem i selvredningsprosessen?
- Hvordan opplevde turister fra andre land situasjonen og hva hadde de forventet når det gjelder sikkerhetsnivå på tunneler i Norge?
- Hva trenger trafikanter av hjelp som kan assistere dem i selvredningsprosessen?
- Hvilken lærdom kan vi trekke ut av denne hendelsen om hvordan mennesker oppfatter, planlegger og gjennomfører atferd når konteksten er uklar, truende og de skal prestere for å overleve?

UTARBEIDET AV

Dagfinn Moe

SIGNATUR**KVALITETSSIKRET AV**

Gunnar D. Jensen

SIGNATUR**PROSJEKTNOTAT NR**

N-06/14

GRADERING

Intern



Innhold

1	Noen fakta rundt brannen i Gudvangatunnelen	5
1.1	Om hendelsen i Gudvangatunnelen	5
1.2	Om Gudvangatunnelen og tunnelberedskapen.....	5
2	Generelt om vegtunneler og kriseberedskap	6
2.1	Kriseberedskap i norske vegtunneler.....	6
2.2	Trafikantenes forutsetninger for selvredning	6
3	Bakgrunnen til trafikantene i Gudvangatunnelen	8
3.1	Metode og gjennomføringen av intervjuene.....	8
4	Faser under trafikantenes opphold og selvredning i Gudvangatunnelen	10
4.1	Selvredningsatferden og opplevelsene til trafikanter fra Norge	10
4.2	Selvredningsatferden og opplevelsene til trafikanter fra andre land.....	14
5	Hvordan trygge og sikre selvredningsatferden?	18
6	Konklusjon	21





1 Noen fakta rundt brannen i Gudvangatunnelen

1.1 Om hendelsen i Gudvangatunnelen

Mandag den 5. august 2013 omkring kl. 12 begynner det å brenne i en semitrailer i Gudvangatunnelen på E16 mellom Gudvangen og Aurland i Sogn. Melding om brannen blir mottatt av alarmsentralen (110) kl. 12:00. Brann og redningsetaten i Aurland rykker ut kl. 12:10 og kommer frem til brannstedet kl. 12:30. I samsvar med beredskapsplanen har vegtrafikksentralen da snudd ventilasjonsretningen i tunnelen slik at røyken tvinges nedover mot vestre tunnelåpning ved Gudvangen. Dermed kan brann og redningsmannskapene fra Aurland komme seg inn i tunnelen og frem til det brennende kjøretøyet.

Når røyken tvinges vestover mot Gudvangen, blir denne delen av tunnelen plutselig fylt av røyk. De trafikantene som befinner seg her, ser nå ingen ting. Noen av trafikanter som blir fanget i røyken på vestsiden av brannen, har kontakt med alarmsentralene og rådes til å bli i bilene sine, evt. legge seg på bakken. Andre beveger seg sakte til fots eller i bil nedover i den røykfylte tunnelen i vestlig retning mot Gudvangen. Etter et par timer når de utgangen i til dels forkommen tilstand. De får oksygen og blir brakt til sykehus på Voss, senere til Haukeland i Bergen.

Etter ca. en time er brannen slukket. Redningsmannskapene kan nå bevege seg vestover forbi det utbrente kjøretøyet. Vegen er delvis sperret av biler som er låst og forlatt og de må med håndkraft flytte bilene. Bussjåfør og to norske ektepar blir tatt i mot og hjulpet ut av tunnelen mot øst (Aurlandsiden). Etter hvert blir flere geleidet ut, også alle de kinesiske busspassasjerene. De blir brakt til sykehus i Lærdal, de fleste blir senere fløyet videre til sykehuset i Førde.

Redningsmannskapene kommer ut på Gudvangensiden kl. 14:30, det er ikke funnet omkomne inne i tunnelen.

1.2 Om Gudvangatunnelen og tunnelberedskapen

Opplysningene nedenfor er blant annet basert på befaring og samtaler med redningspersonell i Aurland og på Voss høsten 2013.

Gudvangatunnelen på E16 er en 11,4 km lang ettløpstunnel med 3,5 % stigning fra Gudvangen i vest i retning Aurland i øst. Tunnelen har belysning i taket, ubehandlede vegger og delvis gruslagte skuldre mellom kantlinjer og tunnelvegger. Det er havarilommer med nødtelefoner vekselvis på høyre og venstre side. Det er ikke evakueringsrom i tunnelen. Tunnelen har radio- og mobiltelefondekning.

Tunnelen har naturlig ventilasjon mot Aurland i øst. For at brann og redningsetaten i Aurland skal kunne komme til og slukke en eventuell brann i tunnelen, er det bestemt at ventilasjonsretningen ved brann skal snus mot Gudvangen vest. Dette gjøres av vegtrafikksentralen i samråd med brann og redningsetaten.

Tilstanden i tunnelen, inklusiv plasseringen av gjenstående kjøretøyer ble registrert før det ble ryddet opp. Tunnelen og mye av inventaret er sterkt skadd. Tunnelen ble stengt for rehabilitering og oppgradering. Den 5. september ble tunnelen gjenåpnet med nedsatt fartsgrense i en måned, hvitmalte vegger og justerte skuldre mot tunnelveggen.

2 Generelt om vegtunneler og kriseberedskap

2.1 Kriseberedskap i norske vegtunneler

Vegforvaltning og redningsetater har som regel svært lite informasjon om forholdene i tunnelen når en kritisk hendelse oppstår, for eksempel en brann. Ofte mangler en opplysninger både om det brennende kjøretøyet og dets last, og opplysninger om øvrige trafikanter som befinner seg i tunnelen. Slik informasjon vil kunne være til stor nytte for alarmsentralene og for redningspersonell når de skal velge strategi for redningsarbeidet. Følgende momenter kan nevnes:

- Hendelser som vil kunne oppstå, beredskapsplaner
- Forholdene er svært forskjellig fra tunnel til tunnel, fra brann til brann og fra person til person.
- Hvordan skal en velge strategi for redningsarbeidet under ulike forhold?
- Hva skal trafikantene gjøre uten informasjon i selvbergingsfasen i ulike situasjoner?
- Hvordan vil assistert selvberging fungere der de skal forholde seg til informasjon og hjelpeanordninger.

Trafikantene i en vegtunnel der det oppstår brann, er overlatt til seg selv, selvbergingsprinsippet gjelder inntil de eventuelt blir tatt hånd om av redningsmannskaper etter at brannen er under kontroll. Vellykket selvberging er derfor svært avgjørende for disse trafikantenes muligheter for å komme seg i sikkerhet.

Det er flere momenter som taler for en revurdering av denne krisehåndteringsstrategien. Konsekvensene av å snu ventilasjonsretningen etter at brannen har startet, kan for eksempel ha stor innvirkning på trafikantenes selvreningsmuligheter. I tunneler der kommunikasjonssystemene er intakt, vil trafikantene kunne få, eller skaffe seg, verdifull informasjon som grunnlag for å velge en god selvbergingsstrategi. Da er det ikke lenger snakk om ren selvberging, men en form for **assistert selvberging**. Det er imidlertid viktig at den informasjonen som gis, er relevant og korrekt og ikke inviterer trafikantene til å gjøre uheldige valg. Alarmsentraler og redningspersonell må være enig om hvilken informasjon som bør gis og formidle denne så kort og konsist som mulig. Informasjon fra redningsmannskaper til alarmsentralen om forholdene inne i tunnelen, kan være avgjørende, for eksempel opplysninger om at brannen er slukket, at røyken vil avta og at redningsmannskaper er underveis.

2.2 Trafikantenes forutsetninger for selvredning

Det klart viktigste for en vellykket selvberging er å innse faren tidnok til å komme seg ut av farlig område før det er for sent. Både generelle kunnskaper og spesifikk informasjon i hver enkelt situasjon vil øke mulighetene for å kunne være i forkant av krisen. Forskning knyttet til hjernens funksjonsmåte under sterke stressbelastninger med hensyn til hvordan beslutningsprosesser fungerer, viser at sterke emosjonelle tilstander knyttet til frykt påvirker både oppmerksomhetsprosessen, kvaliteten i beslutningene og planlegging og gjennomføringen av selvredningsatferden. Personer som var inne i tunnelen, var under sterkt negativt stress hvilket fører til et høyt nivå av stresshormonet cortisol og høyet adrenalinnivå. Et forhøyet cortisolnivå vil redusere både arbeidsminnet, evnen til å fordele oppmerksomhet og dermed øke risikoen som følge av situasjonens kompleksitet, vanskegrad og farenivå. Følgende momenter er primære i enhver situasjon mennesket er i:

1. **Kontekst:** Definere konteksten. Hvor er jeg, hva skjer, hva gjør jeg her og hva skal skje videre?
2. **Mål:** Sette seg mål for hva man skal gjøre i den aktuelle konteksten, forventet utfall og hvordan gå fram?
3. **Resultat:** Hva ble resultatet og konsekvensene?



Alle befant seg fysisk i den samme tunnelen, men hadde forskjellige kontekster, eksempelvis:

- Avstand til brannen gjør at noen ikke visste hva det var.
- Noen så brannen da de var så nære og valgte å kjøre forbi.
- Mange stod i kø. Hvorfor?
- Noen begynner å snu bilen. Hva betyr det?
- Hadde campingvogn som begrenset friheten.
- Familier, enslige, barn, hunder, aldersforskjeller.
- Tykk røyk, ser ingenting, ubehagelig.
- Mye støy, roping, det smeller, kollisjoner etc.
- Noen hadde vann og håndklær
- Turister, ukjent og språkproblemer.

Lista er lang over faktorer som dels er overlappende og dels veldig forskjellig fra type kjøretøy til de personene som var der. Det handler om hva den enkelte kan gjøre og har muligheten for å gjøre, samt hvilken type hjelp man kan få. Hver enkelt må sammen med de nærmeste lage sin egen plan for hva som er mest riktig å gjøre.

For de som ikke kommer seg unna og dermed havner i en slik dramatisk og kritisk situasjon, vil de naturlige overlevelsesmekanismene bli aktivert. Dette er kjente reaksjoner knyttet til motivasjonen om "å flykte eller kjempe". Noen vil flykte eller komme seg unna uten å vurdere om det en flykter til kan være verre enn det en flykter fra. For andre kan ekstreme stressituasjoner resultere i handlingslammelse eller apati.

Kommunikasjonen fra alarmsentralene med personer under ekstremt stress er krevende og kan være svært vanskelig. Det er viktig at operatørene i alarmsentralene har kunnskaper og erfaringer i kommunikasjon med folk i slike situasjoner og at de har informasjon om hendelsen som gjør at de gir riktig og viktig informasjon og veiledning.

SINTEF har hatt fokus på trafikantenes opplevelser i ulike faser og de valg de har tatt og gjennomføringen av selvredningen. Hvordan har de vurdert situasjonen og hva er premissene for de valg som ble gjort?

3 Bakgrunnen til trafikantene i Gudvangatunnelen

Det foreligger ingen samlet oversikt over alle trafikantene som befant seg inne i Gudvangatunnelen fra brannen oppsto og frem til tunnelen ble stengt for trafikk. En del trafikanter som kom seg ut av tunnelen på et tidlig stadium, har blitt intervjuet av ulike medier om sine opplevelser. Noen av dem som kom nærmest etter den brennende bilen, fikk snudd og kom seg tilbake vestover mot Gudvangen og unngikk dermed å bli innhentet av røyken. Noen av dem har hatt på nødblink for å varsle trafikanter på vei østover.

SINTEFs undersøkelser har fokus på de 67 personene som ble fanget inne i tunnelen etter at ventilasjonen var snudd og røyken fylte hele tunneltverrsnittet vest for brannen. Alle de ti familiene som er intervjuet, opplevde ekstremt stress og akutt dødsangst. Dette er en tilstand som kan gi ubehagelige ettereffekter og traumer.

Folk er forskjellig også under normale omstendigheter, men vi lærer etter hvert å kjenne både seg selv og hverandre. Svært traumatiske situasjoner oppleves sjelden, noen opplever dem aldri, noen en eller et fåtall ganger i livet. Ingen av oss vet hvordan vi selv vil reagere når vi blir utsatt for slike påkjenninger, og langt mindre hvordan andre vil reagere.

Femti (50) av personene inne i tunnelen var utlendinger uten kunnskaper i norsk, noen av dem heller ikke gode kunnskaper i engelsk. Tjuefem (25) av disse personene var kinesere fra Taiwan i en turistbuss med slovakisk fører. Seksten (16) av personene i tunnelen var norske: To pensjonistektepar, en familie med tre døtre, en far med to døtre, en far med en datter, en med utenlandsk samboer og en som var alene i bilen.

Vi kjenner ikke kjønn og alder på de kinesiske turistene. Alder og helsetilstand i forkant, ingen alvorlig bevegelseshemmede. En nordmann og en utlending var alene i bilen, de øvrige var sammen med andre familiemedlemmer eller hadde medpassasjerer i turistbussen.

En del av kjøretøyene i tunnelen var det vanskelig å snu: En turistbuss, en trailer, fire personbiler med tilhenger, en bil. For to av disse bilene, ble tilhengeren koplet fra, men da var tunnelen allerede fylt av røyk. Bortsett fra føreren av traileren og turistbussen, var alle trafikantene på ferietur.

De fleste, men ikke alle, av de norske trafikantene var vant med å kjøre i lange ettløpstunneler og hadde kjørt mange ganger gjennom Gudvangatunnelen tidligere. Ingen av de norske trafikantene forventet å finne evakueringsrom i tunnelen. Flere av de utenlandske trafikantene forventet at slike fantes, noen prøvde også å finne dem. De franske trafikantene hadde ulykken i Mont Blanc-tunnelen i 1999 som sin referanse til opplevelsene i Gudvangatunnelen.

3.1 Metode og gjennomføringen av intervjuene

SINTEF brukte et semistrukturert design for gjennomføringen av intervjuene/samtalene basert på et utvalg av de som var inne i tunnelene med fokus på de problemstillinger SHT ønsket. Noen av de utenlandske turistene ble kontaktet via email der de svarte på spørsmål knyttet til deres opplevelser.

SHT og SINTEF gjennomførte en befaring i Gudvangatunnelen og samtaler/intervjuer med redningsmannskaper fra Aurland og Voss før trafikantene ble intervjuet. Brann og redningsmannskapene og ambulansepersonalet fra begge tunnelinngangene gav en omfattende beskrivelse av hvordan de opplevde brannens utvikling, slukking og hvordan de berget folk ut av tunnelen og iverksatte førstehjelp og videre transport til sykehus.



Dette var viktig informasjon før intervjuene startet slik at vi hadde god innsikt i hva som skjedde og dermed kunne tematisere problemstillingene og gjennomføre intervjuene / samtalene med trafikantene på en forståelsesfull og informativ måte.

Basert på informasjoner fra SHT fikk SINTEF en oversikt på følgende momenter:

- Antall biler, type biler og deres plassering og forfatning i tunnelen.
- Antall trafikanter som var i tunnelen og ble tatt hånd om utenfor tunnelen.
- Alder, kjønn, nasjonalitet og hvilken rolle de hadde (fører, passasjer etc.).

Gjennomføringen av intervjuene med trafikantene representerte flere utfordringer som er viktig å være seg bevisst. Følgende kan nevnes:

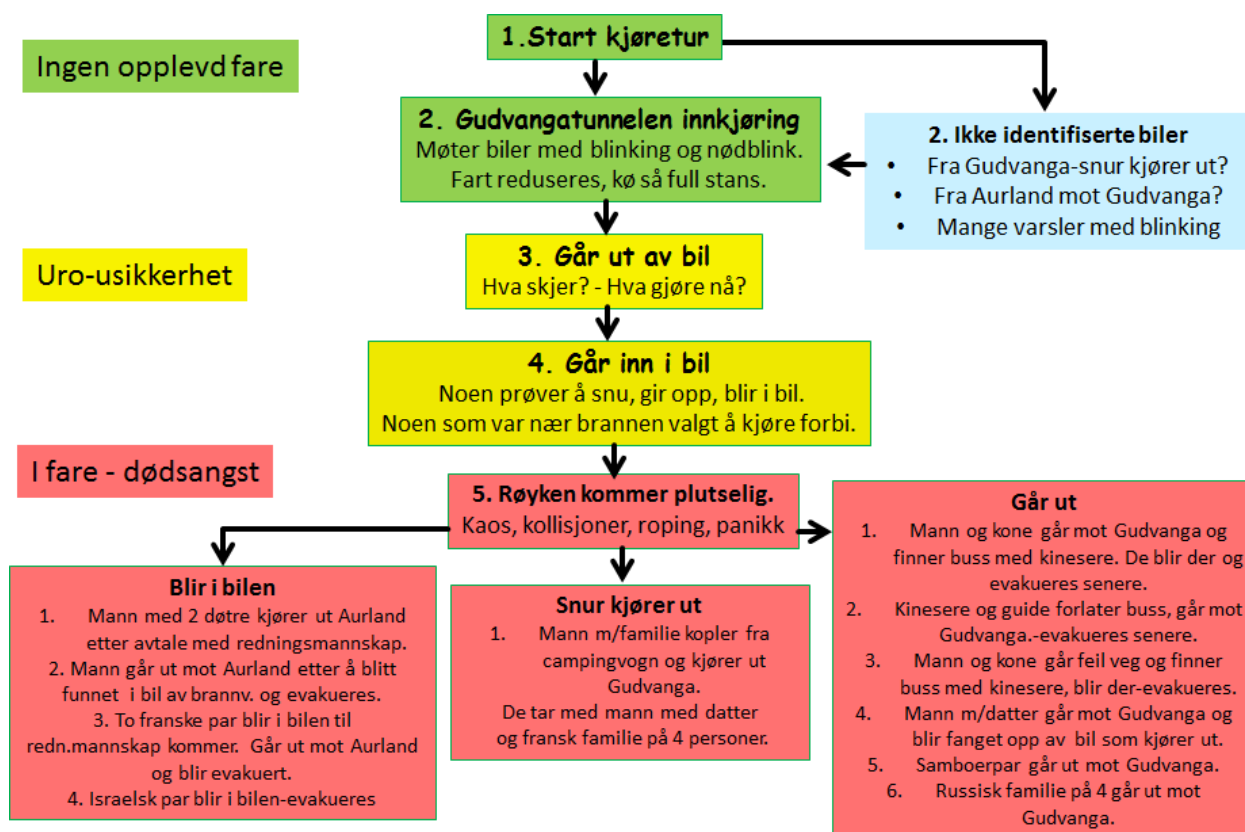
- Tiden som har gått siden hendelsen fant sted er en faktor som både har en positiv og en uheldig side. Det positive er at den enkelte har reflektert over hendelsen, fått den litt på avstand, fått eventuelt pratet med andre og kan se det som skjedde i et perspektiv. Det uheldige er at viktige momenter fra hva som skjedde i tunnelen ikke er like lett å fremkalle og at det konkrete minnet om det som skjedde har endret seg. Det er helt normalt at det skjer da nevrale nettverk endres kontinuerlig og er avhengig av repetisjon. Samtidig bidrar man aktivt selv til en slik endring gjennom å lese om ulykken, prate med andre etc.
- Noen kan ha ubehagelige emosjonelle reaksjoner knyttet til hendelsen som kan ha ført til stressreaksjoner som påvirker både korttidshukommelsen og muligheten til å lagre og fremkalle det som skjedde.
- Språk og kulturforskjeller er sentrale momenter å være klar over da vi her har mange nasjonaliteter å forholde oss til. Valg av tolk er viktig fordi tolken ikke bare er en oversetter, men må selv forstå hendelsen slik at vi kan få fram alle nyansene som uttrykkes på deres eget morsmål.
- Intervjuene er gjennomført med telefon og i tillegg har vi hatt kontakt via email for å få verifisert hva de har fortalt oss.
- Noen har vi sendt spørsmål til via email. De har svart på våre spørsmål og vært positive til å fortelle om hvordan de hadde det i tunnelen.

Det ble gjennomført 10 intervjuer (9 på tlf. og ett i møte) og tre svarte på spørsmål via email. I noen av intervjuene deltok det to personer. Totalt har vi dekket opplevelsene til 32 personer og beskrivelsen av en gruppe på 25 turister i buss og sjåfør. Vi har dermed direkte og indirekte dekket opplevelsene til 57 av de 67 personene som ble igjen inne i tunnelen og måtte redde seg ut da røyken kom.

4 Faser under trafikantenes opphold og selvredning i Gudvangatunnelen

4.1 Selvredningsatferden og opplevelsene til trafikanter fra Norge

Alle de trafikantene som inngår i SINTEFs undersøkelse kom kjørende inn i tunnelen fra Gudvangen i vest etter den lastebilen som begynte å brenne og før tunnelen ble stengt for trafikk. Det vil si i løpet av ca. 10-15 minutter omkring kl. 12. Nedenfor gjengir vi reaksjonene til de norske personene som var inne i tunnelen. Trafikanter fra andre land og deres opplevelser er beskrevet under pkt. 4.2. Skissen nedenfor viser hendelsesforløpet inndelt i tidsfaser fra 1 til 5 (figur 1).



Figur 1: Fremstilling av sentrale faser og trafikantenes selvredningsatferd under brannen i Gudvangatunnelen.

Figur 1 er en fremstilling av de mest sentrale fasene og hva som skjedde basert på den informasjonen vi har fått gjennom intervjuene med personene i bil inne i tunnelen. Utviklingen kan beskrives på følgende vis:

Fase 1 og 2: Ingen opplevd fare

Alle har startet kjøreturen på forskjellig tidspunkt og varierende avstand fra Gudvangatunnelen. En person hadde merket seg en lastebil på bensinstasjonen like ved innkjøringen til tunnelen. Lastebilen syntes ikke å fungere slik den skulle. Den kjørte inn i tunnelen kort tid før de selv kjørte videre og inn i tunnelene. og etter hvert innkjøring i tunnelen fra Gudvangensiden (vest). Alle de spurte sier at på vegen mot tunnelen opplevde de situasjonen som normal og ingen ante noe form for fare. Da de kjørte inn i tunnelen endret ikke dette seg til tross blinkingen fra biler på veg ut av tunnelen.



- Noen nevner at de under innkjøringen i tunnelen mener det manglet lys i deler av tunnelen uten at det førte til videre refleksjoner der og da.
- Noen merket seg at biler i mot blinket med lysene, men tenkte ikke mer over dette.
- Alle fortsatte kjøringen og etter hvert begynte trafikken å gå langsommere og til slutt stoppet den opp.
- Det var ingen på dette tidspunktet som gav uttrykk for at de hadde noen tanker om at det var noe fare på ferde.
- Et par sa at de trodde det ble blinket fordi det kunne være sauer inne i tunnelen. Der de kom fra var det ganske vanlig.
- Et ukjent antall trafikanter fra vest kom seg ut av tunnelen før de ble fanget av røyken, enten ved at de kjørte forbi den brennende bilen eller ved at de fikk snudd og kjørt ut igjen ved Gudvangen. Disse trafikantene er en viktig kilde til informasjon om det som foregikk inne i tunnelen for biler og folk som ikke hadde fått snudd og kjørt ut, men de er ikke intervjuet av SINTEF.
- Andre valgte å ta sjansen på å kjøre fort forbi den brennende traileren som da brant godt. De møtte heldigvis ikke noen som kom kjørende i motsatt retning. De kom inn i røyken på østsiden av den brennende bilen og greide å ta seg frem til den østre tunnelåpningen (Aurlandsiden).
- Dette skjedde åpenbart før ventilasjonsretningen i tunnelen var snudd. Det er sannsynlig at enkelte trafikanter som kom inn i tunnelen fra øst, har passert den brennende bilen og kjørt videre ut ved Gudvangen på vestsiden.
- Det er mest sannsynlig at denne gruppen førere samt noen som tidlig har snudd har brukt blink- og nødblinklys for å varsle førere på veg inn i tunnelen fra Gudvangasiden.

Fase 3: Uro og usikkerhet

På et gitt tidspunkt har alle stoppet, de står i kø og avventer videre kjøring. Men etter kort tid begynner alle å bli usikre på hva som skjer.

- En av bilene som er kommet lengst inne i tunnelen, befant seg så nær brannen (ca. 100 meter) at de vurderte å kjøre forbi. Bilene foran gjorde det, men de (et ektepar) valgte å la være på grunn av brannfare. Denne bilen ble stående nærmest brannen. Så kom sjåføren av den brennende traileren og ville låne deres mobiltelefon da hans var ødelagt. Han hadde i følge dem "en lang samtale" med sin arbeidsgiver. På spørsmål fra de i bilen sa sjåføren av traileren som brant at han ikke viste ikke hva slags last han hadde på bilen. Så forsvant sjåføren.
- Ekteparet prøvde å kople fra campingvognen, men greide det ikke. De prøvde å rygge, men støtte flere ganger mot tunnelveggen, gav det opp og valgte å forlate bilen og to hunder. De hørte kraftige smell og trodde at de ikke kom levende fra dette.
- De som befant seg i biler lenger bak og dermed lengre unna brannen (ca. 400 – 500 meter) gikk ut av bilen for å se fremover om de kunne se noe som forklarte stansen og køen. Men ingen så noe som kunne forklare trafikksituasjonen med kø på det tidspunktet.



- Ingen har oppgitt at de tok kontakt med andre førere eller trafikanter i biler som enten var foran eller bak dem i køen i denne situasjonen.

Fase 4: Uro

Nå endrer situasjonen seg ved at noen begynner å snu bilen for å kjøre tilbake mot Gudvanga. Uroen brer seg blant de andre trafikantene og det snart begynner de fleste å gjøre forsøk på å snu bilen.

- Flere hører kraftig drønn (mest sannsynlig dekk på brennende bil som eksploderer) og begynner å bli usikre på hva dette er.
- Nå begynner noen førere i biler å snu bilene og det blir mer uro.
- Flere tenker det samme og begynner å snu bilene. Enda er det ikke noe røyk eller lukt som kan tyde på brann.
- Noe lykkes med å få snudd bilen før røyken kommer og kjører tilbake mot Gudvanga og ut av tunnelen.
- Mest sannsynlig er det at noen av disse førerne som har prøvd å varsle med blinking til de som var på veg inn i tunnelen.

Fase 5: I fare og dødsangst

Plutselig kommer røyken og dermed reduseres sikten og orienteringsevnen. Noen som er i gang med å snu bilen kolliderer med tunnelveggen eller i andre biler og gir opp.

- I løpet av 5-10 sekunder opplever trafikantene at røyken kommer og de ser ingenting.
- En sier at "røyken kom som sluppet ut av en sekk, nærmest som et snøras".
- Det oppsto nå et kaos der biler krasjet inn i hverandre, inn i tunnelveggen og folk ropte og skrek. Mange beskriver dette som at det oppstod frykt, panikk og fullstendig kaos.
- Etter hvert som situasjonen med den tette røyken utvikler seg, velger noen å bli i bilen mens andre velger å forlate bilen og begir seg på veg tilbake mot Gudvanga der de kom fra.

- Alle opplever situasjonen som svært dramatisk og gir uttrykk for at:

"vi trodde ikke vi ville komme levende fra dette", "jeg hadde dødsangst, men ikke panikk og holdt datteren i hånden hele tiden", "vi manglet luft og var sterkt bekymret for at vi ikke ville overleve", "ble roligere etter hvert, men tvilte på at vi ville overleve", "vi trodde vår siste time var kommet", "vi var veldig slitne, undertrykte redselen og fokuserte på å komme oss ut", "vi trodde vi var fortapt, men kom oss opp og fortsatte", "ble mer og mer tungpustet og var bekymret for at vi ikke skulle komme oss ut i live".

- De som gikk ut famlet seg langs veggen med den ene hånden og et tøyestykke over munn og nese. De gikk i sikksakk på grunn av redusert eller manglende orienteringsmulighet. De slo seg i den ujevne tunnelveggen, skrapte seg opp og snublet i den ujevne grøftekantene.
- For de som var nærmest brannen, ble det veldig varmt og en campingvogn ca. 100 meter i fra var delvis smeltet. Varmen ble også sterk i en turistbuss og sjåføren var redd for at den skulle ta fyr.



- To norske par fant bussen med turister ved at de bokstavelig talt støtte eller gikk på bussen. Det ene paret beveget seg fra brannen mot Gudvanga, mens det andre paret hadde gått feil retning da de valgte å forlate bilen. Dette paret var meget medtatte da de kom inn i bussen.
- De to parene ble værende i bussen og bidro til at turistene ikke forlot bussen mens røyken var på det tetteste. I følge det ene paret var "bussen full av mer eller mindre hysteriske kinesere".
- Turistene (kinesere) forlot bussen sammen med guiden etter ca. 30-45 minutter etter at de norske parene kom til bussen. De gikk i retning Gudvanga og ble observert av andre som mente de kom springende og så veldig redde ut. De trodde det var rømningsveier/evakueringsrom og valgte å gå ut og lete etter disse da de hadde sett telefonene.
- Det ble ringt både til 110, 112 og 113 av de som var inne i tunnelen og noen hadde kontakt med nødtelefonene mesteparten av tiden de var inne i tunnelen. Rådene fra redningssentralene var at de skulle bli i bilen. Noen ringte hjem eller snakket med venner.
- En familie kjørte hele vegen ut og tok opp 6 andre personer som ble med videre ut av tunnelen. Kjøreturen gikk sakte og de kolliderte ofte med veggen.
- De som valgte å bli i bilene, stilte ventilasjonen i bilen inn på omluft for å hindre at røyken kom inn. Mange hadde vann og bløte kluter og en fortalte hvordan han la seg lavt i bilen.
- Røyken ble tynnere og etter hvert kom redningsmannskapet og de som var i bilene ble bedt om å begi seg mot utgangen på Aurlandsiden (kortest veg dit). De ble etter å ha gått et stykke og kommet seg forbi den utbrente traileren transportert ut av redningsbiler og ambulanse.
- Mange ga utrykk for at de hadde forventet å møte redningspersonell på tidligere tidspunkt og ikke først når de var nesten ute av tunnelen. Et av de norske parene snakket med en tysk familie som var sjokkert over sikkerheten i tunnelen. De mente at det i Tyskland ikke var tillatt med trafikk i tunneler som ikke hadde rømningsmuligheter og evakueringsrom.
- Straks de kom ut av tunnelen ble de tatt i mot av redningsmannskaper og ambulansepersonell. De som trengte det mest, fikk oksygen og alle ble undersøkt og sendt til behandling.
- I flere av bilene var det hunder. De ble berget og var tilsynelatende i god form.



4.2 Selvredningsatferden og opplevelsene til trafikanter fra andre land

Vi har kontaktet trafikanter fra andre land for å høre om deres situasjon inne i tunnelen, gjennomføringen av selvredningsatferden og deres personlige opplevelser. Vi har valgt å behandle hva de har fortalt i eget avsnitt da det er momenter de har beskrevet som er viktig å skille ut fra hvordan de norske trafikantene opplevde situasjonen.

Det er gjennomført 3 intervjuer med personer fra Frankrike og sendt ut spørsmål på email til personer fra Israel, Russland, Kina og Tyskland. Vi har ikke mottatt svar fra de tyske personene. Alle var på ferie i Norge og de hadde leiebil bortsett fra de i bussen.

Vi beskriver opplevelsene til de utenlandske turistene med referanse til figur 1.

Fasene 1 og 2:

På veg fram mot og videre inn i tunnelen fra Gudvangasiden er det ingen som har gitt uttrykk for at noe var unormalt. Ingen mente de møtte biler som hadde blinket til dem for å varsle om fare på veg inn i tunnelen.

- Bussen med kinesiske turister stoppet da de så at det brant i traileren og de hadde flere biler foran seg som valgte å kjøre forbi. De hadde ikke noen mulighet til å snu bussen inne i tunnelen.
- Turistene i de andre bilene om kom lenger bak stanset da bilene foran stoppet og de ble stående i kø uten å vite noe om at det var en brann lenger fremme.
- Turistene fra Frankrike fikk raskt assosiasjoner til ulykken i Mont Blanc tunnelen, uten at de hadde noe informasjon om hva som skjedde.
- Allerede ved innkjøringen til tunnelen diskuterte den ene franske familien faresituasjonen med lange tunneler. Men de forventet at sikkerhetsnivået på Gudvangatunnelen var ifølge europeiske normer basert på læring fra brannen i Mont Blanc tunnelen, og at det ikke var grunn til bekymring.
- Under stansen ble denne familien etter hvert bekymret og vurderte å snu, men mente det var for risikabelt. De valgte å ta fram mat og spise lunsj mens de ventet på at køen skulle løse seg opp.

Fase 3 og 4:

Nå står alle i køen og avventer hva som skal skje. Uroen begynner å gjøre seg gjeldende og forsterkes etter hvert som folk i biler i mot prøver å varsle med blinking. En av turistene går ut av bilen, mens de andre blir sittende og vente.

- Da det kom biler i mot som blinket med lysene begynte de å bli engstelige for hva som skjedde.
- Franskmennene i den ene bilen sier at det kom ca. 8-10 biler i mot (på veg mot Gudvanga), og i de 2-3 siste bilene hadde de merket seg at ansiktene var likbleke som om de ga uttrykk for at "dere skal ikke overleve". Det var som de hadde sett "djevelen".
- Så begynner førere i biler både foran og bak å snu og det hele blir kaotisk.



- I den ene bilen ser føreren fremover inn i tunnelen fra førersetet og ser nå at røyken kommer. Han prøver en snumanøver, men plutselig er røyken der. De kolliderer med tunnelveggen og ser nå ingenting og gir opp.
- Den franske familien som tidligere hadde diskutert brannen i Mont Blanc ved innkjøringen ble nå meget urolig og følte panikken komme.
- I bussen med de kinesiske passasjerene blir det også uro, men guiden er rolig på det tidspunktet og sier: " jeg var ikke redd i denne fasen og hadde all fokus på at mine gjester (passasjerene) skulle overleve".
- Guiden sier at det ikke var noen muligheter til å snu bussen inne i tunnelen.

Fase 5:

Nå har røyken kommet, de ser ingenting og føler sterkt ubehag og vet ikke hva de skal gjøre. Noen blir i bilen og kommer ut senere på Aurlandsiden, mens andre velger å gå ut mot Gudvanga.

- Alle er i nå gang med å snu bilen i det røyken kommer. De kolliderer med fjellveggen og andre biler.
- Noen torde ikke gå ut av bilen i redsel for å bli påkjørt. Det var mye roping og de hørte noen kraftige smell.
- Situasjonen opplevdes nå så dramatisk at flere trodde de skulle dø. En kvinne sier: "I called my parents because I thought we were going to die". De valgte å bli i bilen og ringte 113 etter ca. 15 min. De holdt kontakten med 113 til røyken begynte å tynnes og det kom redningsmannskaper (etter ca. 45 min).
- En russisk familie på 4 med 2 barn prøvde også snu, men kolliderte og ga opp. De måtte ta seg av barna som ble urolige og redde. Det ene barnet fikk panikk. De bestemte seg så for å gå mot Gudvanga, og gikk hele veien ut.
- Mens den russiske familien enda var i bilen, kom det to kinesiske kvinner som ropte om hjelp og som ville inn i bilen.
- Noen går ut av bilen for å lete etter evakueringsrom. De gir opp dette og går tilbake til bilen. De ringer 112 og får følgende beskjed: " Stay in the car and you will save your life". Denne gruppen valgte å følge dette rådet og hadde kontakt med 112 hele tiden og brukte bilens omluftventilasjon for å unngå røyken.
- En gikk ut av bilen og kontaktet folk i bilene foran og bak for å hjelpe til med snuingen, men røyken gjorde at det ikke var mulig å gjennomføre snuing.
- Mens de venter i bilen beskriver den ene gruppen at det plutselig kom ca. 10 kinesere løpende på veg mot Gudvanga. De ble nå engstelige, hva skjedde og burde de også forlate bilen og komme seg ut til fots. De visste det var 7 km å gå, så de valgte å bli i bilen selv om de var redde.



- De som valgte å bli i bilene oppdager etter hvert at røyken blir tynnere og at det kommer redningsmannskaper som gir beskjed om at de kan begi seg ut av tunnelen mot Aurland der de vil møte på ambulanser.
- De som hadde ventet i bilene fikk beskjed om å gå mot Aurland av redningsmannskapene. De måtte først passere traileren der brannen nå var nærmest helt slukket. Men det var en ny farlig situasjon som de opplevde.
- En person beskrev det slik: "One of the scariest moments was when we were rescued. The rescue service men told us to walk toward the ambulance. Just as we were sure we were safe, parts of the tunnel started falling around us when we were walking. Luckily, we made it to the ambulance with no injuries".
- Nå først, da de fikk se den utbrente traileren, skjønte de hva som var forklaringen til køen og stansen i tunnelen og hvorfor det var røyk.
- En fransk familie på 4 forlot bilen og bega seg mot Gudvanga, de hadde ca. 8-9 km å gå. De regnet med å finne evakueringsrom og at de snart ville møte brannmenn. De fant nødtelefoner og lette etter evakueringsrommene. De valgte å ikke ringe på grunn av språket og at de ikke ville miste tid.
- Å gå ut av bilen opplevdes som skremmende. Folk var i panikk, ropte og skrek, mye bråk og biler krasjet inn i hverandre. De kunne ikke se bilene eller billysene.
- Familien går med faren først og de andre følger hånd i hånd etter han. Faren føler seg fram langs tunnelveggen med en hånd og holder en ryggsekk i den andre og slår seg kraftig mot tunnelveggen flere ganger. En gang så hardt at han mest får hjernerystelse, kaster opp, er forvirret og begynner å gå feil veg.
- De oppgir å finne evakueringsrom og går ut av den ujevne grøfta og inn på vegen. De har snublet seg fram og vrikket ankler. Oppe på veien kunne de etter hvert skimte den hvite kantlinjen.
- På et tidspunkt hørte de kraftig støy, som fra motorer. I ettertid har de trodd at det var viftene i tunnelen som ble snudd og sendte røyken i deres retning. De hadde håpet på at det nå ble bedre mht til røykutviklingen.
- De ropte kraftig og banket på bilvinduer og bilpanser for å unngå å bli påkjørt. De var ikke interessert i å sitte på, bare varsle: "Det var flaks at ingen kjørte på oss, det var skremmende".
- Familien traff på en mann med datter på vegen ut. De snakket til han, men han svarte ikke.
- Så hørte de en bil komme som krasjet inn i tunnelveggen. De ble redde for å bli påkjørt. De brukte lysene på telefonen for å gjøre seg synlig. De trodde den ikke stoppet for dem, men den gjorde det.
- Det var lite plass i bilen, dårlig luft og faren i den franske familien var veldig medtatt, og de trodde han fikk hjerteinfarkt. Bilen kjørte langsomt og de trodde de skulle dø i bilen.
- De de kom ut av tunnelen sa en brannmann at de måtte sitte i bilen noen minutter. De likte ikke dette da de nå var i friluft og ville ut.



- I bussen med kinesere kommer det inn to norske par. De bidrar til å roe ned kineserne slik at de ikke forlater bussen mens røyken er på sitt tetteste. Men varmen i bussen blir etter hvert så høy at bussjåføren er redd den kan ta fyr. Kineserne forlater bussen og beveger seg mot Gudvanga.
- Guiden fortalte: "I let the norwegians call to the police station". Sjåføren av bussen visste ikke hva han skulle gjøre.
- Den russiske familien på 4 forlot bilen og gikk i retning Gudvanga. Faren sa: "Yes I was afraid. When I saw the panic among my family, then I stopped to panic and started to think about how to leave the car and what things a can use and take. I decide to use our wet T-shirts and outcothers as filter to breathe".
- Faren i den russiske familien sa: "The first 4-5 km it was difficult to walk fast. I bent down, quite at knees, and used my lighter to see the white line."

Hvordan fungerte redningen og hvilke erfaringer sitter de utenlandske trafikantene igjen med?

Det er forskjellige opplevelser knyttet til hvordan de ble tatt hånd om og hvilke følger det har hatt i ettertid..

- Det var lite oksygen som måtte deles og det ble av noen opplevd som frustrerende i det de kom ut av tunnelen.
- Noen hadde forventet å møte profesjonelle hjelpemannskaper og ikke sivile ved utgangen av tunnelen, men de fikk utmerket hjelp på sykehuset.
- Basert på helsetilstanden til den enkelte fikk de forskjellig behandling hvilket medførte at de ble splittet og mistet kontakten med hverandre. Noen ble fløyet til Bergen og andre ble igjen på det lokale sykehuset og fraktet med buss.
- Mange av turistene hadde leiebiler og det medførte også en del organisering mht bagasjehenting etc. og manglende samarbeide.
- Mange har vært til psykolog. Noen sliter og vil ikke snakke om det som har skjedd, og har mange assosiasjoner i hverdagen, eksempelvis røyklukt og trange rom.
- Andre har ingen psykiske ettervirkninger og en beskriver det på følgende vis: "we are positive people so we tried to learn from this experience just to appreciate life and live to the fullest because you never know what is going to happen".
- Russisk familie veldig takknemlig for den hjelpen de fikk og den medisinske oppfølgingen da de kom ut av tunnelen.

Turistene hadde følgende råd:

- Evakueringsrom nødvendig, respektere internasjonale normer, ha nok oksygen tilgjengelig, få hjelp av redningsmannskaper underveis og at det er proffe folk utenfor.

5 Hvordan trygge og sikre selvredningsatferden?

På bakgrunn av de historiene som er referert basert på opplevelsene til de som var i tunnelen og som på forskjellig vis overlevde, vil vi peke på følgende forslag til forbedring av strategier for selvredning og assistert selvredning ved brann i ettløpstunneler:

Selvredning og assistert selvredning

I de fleste type hendelser i tunneler så er selvredning et hovedprinsipp. Den må da utføres med en kvalitet som gjør at liv berges og med minst mulig skade. I Gudvangatunnelen var det minimalt med hjelpemidler og hver enkelt måtte selv legge en plan for hva som er mulig å gjøre for å berge livet slik de opplevde situasjonen.

- Den beste form for selvredning består i å komme seg ut av tunnelen før en blir innhentet av røyk og varme. Det er viktig å snu bilen og kjøre ut en gang for mye enn en gang for lite. Det kan imidlertid være problematisk med snuoperasjon i trange tunneler i en stresset situasjon. Store kjøretøyer vil ikke kunne snu. De som får snudd, bør ta med seg andre trafikanter ut av tunnelen.
- Trafikantene bør passe på et det er god avstand til bilen foran ved stans. Vent og ikke prøve å kjøre forbi køen og se opp for motgående trafikk som også er i en stresset situasjon når de skal snu. Det er behov for realistiske, men kontrollerte forsøk på snuoperasjoner i trange vegtunneler.
- Lukkede kjøretøyer i god avstand fra brannen kan være gode "evakueringsrom" under kortvarige branner, som den i Gudvangatunnelen. Ved å stille ventilasjonsanlegget på omluft kan man oppholde seg der relativt lenge. Hvor lenge vil folk i bilene ha nok luft å puste i?
- Det bør imidlertid vurderes når trafikantene skal rådes å bli i bilen og når de skal oppfordres til å komme seg ut av tunnelen. Gode råd krever god informasjon om hvor brannen er, hvor langvarig den kan bli og hvilke giftgasser som kan forventes. Evakueringsrom bør vurderes i flere tunneler.
- De fleste valgte å bruke mobiltelefon i stedet for nødtelefonene i tunnelen. I dag er det vanlig å bruke mobiltelefonen og alle har den med seg. Derfor er det viktig at det er mobilnett i tunneler.

Fysiske tiltak som bidrar til assistert selvredning

Når folk skal gjennomføre selvredningsatferden vil hjelpemidler som reduserer valget om strategi og gjennomføringen av eksempelvis å gå eller kjøre ut av tunnelen være kritisk.

- Det bør vurderes å erstatte havarilommer med snunisjer med tettere avstand enn dagens havarilommer. Det bør også undersøkes nærmere hvordan slike snuoperasjoner best kan gjennomføres i trange ettløpstunneler med motgående trafikk der førerne kanskje allerede er stresset av en brann lenger fremme i tunnelen.
- I tykk røyk, slik som i Gudvangatunnelen, må sikkerhetsbelysningen være nærmest kontinuerlig. Sikten var så dårlig at de måtte famle seg fram langs tunnelveggen og man så ikke vegoppmerkingen fra oppreist posisjon.



- Visuelle løsninger i form av kontinuerlig lys langs kanten og stålskinne langs veggen som biler kan legge seg inntil og følge.
- En gangveg på innsiden av en stålskinne eller rekkverk gjør det mulig å gå ut av tunnelen.
- Gangvegen må være asfaltert og opphøyd. I utlandet er det eksempler på slike som er 90 cm bred og 1 meter høy.

Informasjon og opplæring

Følgende momenter er viktig å vurdere i denne sammenheng:

- Informasjon til norske og utenlandske trafikanter om hva de skal være bevisst på hvis det skjer noe inne i en tunnel. Det er vanskelig å lage en fasit på selvredningsatferd da situasjonene vil være forskjellige fra den ene tunnelen til den andre, type hendelse og blant de som er inne i tunnelen.. Men noen standardprosedyrer kan lages som bidrar med informasjon som hjelper
- De første som oppdager en unormal hendelse er de som først kommer dit. Hvordan de skal gå fram for å varsle nødsentralen og ikke minst andre trafikanter, er viktig å tydeliggjøre overfor trafikantene.
- Det må foreligge tydelig informasjon til trafikantene om forholdene i hver enkelt tunnel eller grupper av tunneler om ventilasjon, kommunikasjon, mm.
- Aktuelt utstyr i bilen for folk som kjører ofte i lange tunneler. Gassmaske, oksygen, vann og håndkle, oppladet mobiltelefon, luftfilter i ventilasjonssystemet i biler og bruken av omluft i bilens ventilasjon.
- Hvor lenge er det tilrådelig å oppholde seg i tykk røyk fra en bilbrann?
- De som forlater biler inne i tunnelen må la nøklene stå i bilen slik at redningsmannskaper kan flytte dem om nødvendig for å komme fram.
- Hvor lenge kan folk puste fritt i lukket bil på omluft avhengig av antall passasjerer og rommet i bilen. En person bruker ca. en halv kubikk luft i timen. Hvordan er dette i lastebiler og busser med passasjerer?

Brannvarsling, kommunikasjon og veiledning av trafikanter

Følgende momenter er viktig å vurdere i denne sammenheng:

- Hvordan få varslet de som er inne i tunnelen om brann? Mange av trafikantene inne i tunnelen visste ikke at det var brann. Derfor er det viktig med rask oppdagelse av brannen slik at tunnelen kan stenges så fort som mulig.
- Innhenting av opplysninger om hvilke kjøretøyer og mobiltelefoner som befinner seg i tunnelene til enhver tid. Bruk av denne informasjonen av alarmsentralene i en krisesituasjon, hvilke råd skal gis til trafikantene? Man må ha riktig informasjon om type kjøretøy, last og type last.



- Hvordan foregår selvredningen blant de som er inne i tunnelen. Hvor mange er på veg ut av tunnelen til fots.
- Informasjon til alarmsentralene fra folk i tunnelen om det som skjer. Informasjon til redningsmannskapene fra dem som kommer seg ut om tilstanden inne i tunnelen.
- Hva trengs av utstyr for redningsmannskaper som skal hjelpe folk som er fanget i en røykfylt tunnel.
- Hva forventer folk av redningsmannskaper med hensyn til å bli evakuert eller få assistanse?
- En strategi som innebærer å snu ventilasjonsretningen i tunnelen under brann, bør vurderes på nytt i lys av erfaringene fra Gudvangatunnelen. Siden trafikantene ikke har fått noe forvarsel i form av røyklukt, vil røyken komme svært overraskende samtidig som den fort vil være overlagret av den røyken som først ble ventilert i motsatt retning. (Det kan ha vært trafikanter på østsiden av brannen som ble reddet ved at ventilasjonsretningen ble snudd).

De mest effektive bidragene til en assistert selvredning vil være:

1. Raskest mulig deteksjon av brannen (stenge tunnel, slå alarm, varsle de i tunnelen).
2. Riktig informasjon om brannkilden (posisjon, last, type last, mengde last).
3. Hvor mange er inne i tunnelen, hvor de er hva de gjør (biler, personer, dyr).
4. God veiledning som bidrar til sikker og effektiv assistert selvredning.

Det er viktig å påpeke at de personene som håndterer direktekommunikasjonen med de som er inne i tunnelen må ha kompetanse i å veilede personer som nå befinner seg i en opplevd livsfare. Det er ikke sikkert man har all den informasjonen som kreves og man skal kunne holde en dialog som ikke øker frykten, men styrker viljen og evnen til selvredning.

6 Konklusjon

Trafikantene som inngår i SINTEF sin undersøkelse, ble alle fanget i røyken på vestsiden (Gudvangasiden) av den brennende semitraileren. Flere av de som befant seg nærmest traileren, kjørte ut før røyken fylte tunnelen, dels mot Aurland i øst, dels mot Gudvangen i vest. De som befant seg langt unna brannen, var ikke klar over hvor kritisk situasjonen var før tunnelen plutselig ble fylt av røyk.

Det var et høyt antall utenlandske trafikanter blant dem som ble fanget i røyken. Vi har fokusert på å få innsikt i de opplevelsene trafikantene har hatt inne i tunnelen under selvredningen. Som vist i figur 1, har vi inndelt hendelsen for trafikantene i faser som dekker alt fra innkjøringen i tunnelen mens alt er normalt, til den gradvise endringen hvor usikkerheten og uroen brer seg til røyken plutselig kommer og hvor kampen for å overleve begynner.

Norge har en nullvisjon om ingen drepte og hardt skadde i trafikken og den gjelder også i tunneler. Sentrale momenter i nullvisjonen er menneskets tåle- og mestringssevne. Hva er den enkelte er i stand til å prestere psykisk som fysisk er avgjørende for kvaliteten på selvredningen? Hva betyr alder, kjønn, kunnskap og helsemessig tilstand? Evakueringsiltak bør vurderes ut fra hva folk faktisk gjør i en slik situasjon (formativt) og ikke ut fra hva de bør gjøre (normativt). Den situasjonen som oppstod under brannen i Gudvangatunnelen må sees i dette perspektivet. Vi vil trekke fram følgende sentrale momenter:

- Alle opplevde brannen som en ekstremt stressende og livstruende hendelse med perioder i dødsangst. I den tykke røyken har mange gått 7-8 km der tilfeldigheter og sterk motivasjon for å overleve gjorde at de kom fra dette med livet i behold.
- En del av trafikantene ble værende i bilene sine. Det skulle vise seg å være en gunstig løsning i dette tilfellet. Den brennende bilen var uten last slik at brannen var slukket etter ca. 60 minutter. Det er ikke sikkert at dette ville være den beste løsningen under andre omstendigheter. Hvilken informasjon nødsentralene hadde da de gav beskjed til de som ringte om at de skulle være i bilene, vet vi ikke.
- De fleste hadde ikke fri sikt frem til brannen og det var ingen andre indikasjoner på brann. Alle ble overrasket, skremt og mistet oversikten når tykk røyk plutselig fylte tunnelen. Panikk og kaos oppsto og få om noen av disse greide å snu og kjøre ut.
- Kommunikasjon med trafikanter så tidlig som mulig er helt vesentlig. Informasjonen må være riktig og vil da ha en assisterende effekt på selvredningen. Det kan ha en fryktreduserende effekt og dermed øke muligheten for å holde konsentrasjonen og gjøre riktige valg i den aktuelle konteksten den enkelte er i. Noen fikk slik hjelp av nødsentralene.
- Turister som ble fanget inne i røyken forventet at det var rømningsveier og evakueringsrom. De var i Norge, et rikt og velutviklet land, og stiller seg uforstående til det lave sikkerhetsnivået i en så lang tunnel. De gikk ut av bilene for å lete etter rømningsveier og evakueringsrom.
- De franske turistene husket brannen i Mont Blanc tunnelen og regnet med at lærdommen fra den hendelsen hadde påvirket Norge med hensyn til tunnelsikkerhet.
- Alle rapporterer at de fikk veldig god hjelp på sykehus de første dagene. Noen peker på oksygenmangel da de kom ut av tunnelen.



- Flere av trafikantene har fortalt at lukt, lyder og andre forhold har i ettertid gitt dem ubehagelige påminnelser om opplevelsene i tunnelen.

Vårt hovedinntrykk basert på det trafikantene har fortalt oss er følgende:

Brannen i Gudvangatunnelen kunne ha ført til tap av et stort antall menneskeliv. Men en sterk motivasjon for å overleve, en vellykket selvredningsatferd blant trafikantene og redningsmannskapene sin innsats for å slukke brannen og redde folk, bidro til at ingen menneskeliv gikk tapt.

Semitraileren som brant hadde ikke last, hvilket ville gitt brannen et annet omfang og alvorlighetsgrad med hensyn til varme- og røykutvikling. En spredning av brannen fra kjøretøy til kjøretøy vil med stor sannsynlighet ha oppstått og i røyken kunne det ha vært en større mengde giftstoffer. Ved en slik hendelse ville muligheten for selvredning vært sterkt redusert og for de fleste mennesker ville mestrings- og tåleevnen ha vært overskredet.

Følgende materiale er benyttet ved utarbeidelsen av notatet:

- Referater fra befaringer og samtaler med ambulansepersonell samt brann- og redningspersonell
- Referater fra intervjuer og spørsmål via email med trafikanter som befant seg i den røykfylte tunnelen
- Intervjuer med trafikanter i ulike medier
- Materiale mottatt fra Statens havarikommisjonen for transport
- Generell litteratur om vegtunneler
- Generell litteratur om folks opplevelser og handlinger under ekstremt stress



Teknologi for et bedre samfunn

www.sintef.no

Rapport utarbeidet for Statens Havarikommisjon for Transport (SHT)

Helsemessige konsekvenser av brannen i Gudvangatunnelen den 5. august 2013

En retrospektiv analyse av 28 tilfeller av akutt røykskade ^{1, 2}

1. juli 2014

Innhold

1. Innledning
2. Medisinsk vurderingsgrunnlag
3. Beskrivelse av pasientgruppen
4. Akuttbehandling og behandlingssted
5. Brannrøyk - vanlige skademekanismer
6. Hovedfunn
7. Skadeomfang
8. Konsekvens av forlenget evakueringstid
9. Konklusjoner

Espen Rostrup Nakstad ¹

Overlege, Spesialist i indremedisin og lungesykdommer

Nasjonal behandlingstjeneste for CBRNe-medisin,
Akuttmedisinsk avdeling, Oslo universitetssykehus HF
PB 4956 Nydalen, 0424 Oslo

Fridtjof Heyerdahl ²

Overlege, Spesialist i anesthesiologi

Nasjonal behandlingstjeneste for CBRNe-medisin,
Akuttmedisinsk avdeling, Oslo universitetssykehus HF
PB 4956 Nydalen, 0424 Oslo

Helsemessige konsekvenser av brannen i Gudvangatunnelen 5. august 2013

1. Innledning

I denne rapporten beskrives helsemessige konsekvenser av brannen i Gudvangatunnelen den 5. august 2013. For en nærmere redegjørelse av hendelsesforløpet vises det til hovedrapporten om brann i vogntog på E16, Gudvangatunnelen 5. august 2013, fra Statens Havarikommisjon for Transport (SHT).

På ulykkesdagen befant det seg 67 trafikanter i det røykfylte tunnellopet vest for brannstedet over et tidsrom på 45 - 135 minutter. De fleste av disse ble tatt hånd om av helsepersonell etter evakuering og mange ble transportert til sykehus for behandling og observasjon.

For 28 av trafikantene er det i ettertid gjort en nærmere medisinsk vurdering av de akutte helseskadene som ble påført under brannen. Utvalget består av trafikanter som fikk opprettet medisinsk journal i forbindelse med innleggelse i sykehus. Disse tilhørte kjøretøy nr. 1 - 16 (indeksert i hovedrapporten) og kommer fra Estland, Russland, Tyskland, Israel, Frankrike, Slovakia, Polen, Kina og Norge. For alle 28 er det gjort en individuell vurdering av røykesponering, skademekanismer og skadeomfang. Helseeffekter ut over det akutte behandlingsforløpet er ikke kartlagt. Trafikanter som ikke ble innlagt eller som ikke fikk opprettet journal i forbindelse med prehospital behandling, har ikke blitt vurdert nærmere.

2. Medisinsk vurderingsgrunnlag

Den medisinske vurderingen er gjort av to spesialister i h.h.v. lungemedisin og anesthesiologi med bred erfaring fra røykskadebehandling og klinisk toksikologi. Arbeidet er basert på en systematisk gjennomgang av ambulansjournaler, sykehusjournaler, epikriser (utskrivingsrapporter), journalførte notater fra sykepleiere og fysioterapeuter, samt utskrift av aktuelle blodgassanalyser, EKG-registreringer (hjerteregistreringer), klinisk-kjemiske laboratorieprøvesvar og lungerøntgenbilder. Et eget spørreskjema er benyttet i ettertid for å kvalitetssikre opplysninger og tidsforløp under og etter brannen. Innsamlingen av helseopplysninger er gjort av SHT. Dokumentene gir ikke et komplett bilde av den enkeltes helsetilstand forut for ulykken, men utgjør et tilstrekkelig vurderingsgrunnlag for helsetilstanden umiddelbart etter brannen.

Skadeomfanget for de involverte trafikantene (heretter også kalt "pasientene") er vurdert etter de kliniske kriteriene i tabell 1. Graderingen samsvarer med den som brukes av Statistisk sentralbyrå (SSB) for veitrafikkulykker med personskafeⁱ (kirurgiske skader). Det vil si at alle skader som en tid truer pasientens liv klassifiseres som *meget alvorlig skade* mens øvrige tilstander som krever sykehusinnleggelse klassifiseres *alvorlig skade*. Skader som kan behandles utenfor sykehus betegnes *lett skade*. SSB benytter også begrepet *hardt skadde* som en samlebetegnelse for alvorlig og meget alvorlig skadete.

Tabell 1 - gradering og kliniske kriterier for skadeomfang, brann i Gudvangatunnelen 5. aug 2013

Lett skade	Luftveisirritasjon eller hoste uten pustebesvær.
Alvorlig skade	Pustebesvær og funn av sot i luftveiene.
Meget alvorlig skade	Alvorlig oksygeneringssvikt, høye kullosverdier (HbCO), nedsatt bevissthet, større sotmengder i nedre luftveier, sirkulasjonssvikt, tegn til alvorlig cyanidforgiftning (høye laktat/cyanidverdier) eller behov for aktiv pustehjelp (respirator eller overtrykksmaske).

Helsemessige konsekvenser av brannen i Gudvangatunnelen 5. august 2013

3. Beskrivelse av pasientgruppen

Blant de 28 trafikantene var det på skadetidspunktet 22 voksne (26 - 58 års alder; 14 menn og 8 kvinner) og seks barn under 16 års alder (3,5, 7, 10, 12, 13 og 14 år gamle; 2 gutter og 4 jenter). Gruppen består av hovedsakelig friske personer der kun to voksne har kjent lungesykdom fra tidligere (astma) og bare én er oppgitt å røyke sigaretter daglig. 11 av 28 er bekreftede ikke-røykere. Ingen personer er angitt å ha kjent alvorlig kronisk hjerte- eller lungesykdom.

4. Akuttbehandling og behandlingssted

Samtlige 28 trafikanter fikk tidlig oksygenbehandling (≥ 10 liter O_2 /minutt på maske) etter evakuering fra tunnelen og under transport til sykehus. I tillegg fikk mange inhalasjonsmedisiner (astmamedikamenter) og betennelsesdempende medisiner (kortikosteroider) ordinert av sykehuslege. Ti av pasientene ble primærinnlagt ved Voss sykehus; ni av disse ble transportert videre til Haukeland universitetssykehus etter kort tid. De resterende 18 pasientene ble primærinnlagt ved Lærdal sykehus; 11 av disse ble transportert videre til Haukeland og 6 til Førde sentralsykehus. I følge journalopplysninger hadde ingen av pasientene brannskadet hud. Røykforgiftning var hoveddiagnose hos alle; ICD-10 kode T59.8 - "Toxic effect of smoke and fire."

5. Brannrøyk - vanlige skademekanismer

Dødsfall ved brann skyldes oftest akutt røykforgiftning og i mer sjeldne tilfeller alvorlige forbrenningsskaderⁱⁱ. Selv når det foreligger kombinerte røyk- og sårbrannskader regner man med at lungekomplikasjoner bidrar til død i mer enn 75% av tilfellene^{iii iv} mens kombinasjonen av varm og giftig røyk er forbundet med de mest alvorlige skadene og gir høyest dødelighet^{v vi}.

Inhalasjon av brannrøyk vil - avhengig av type brennbart materiale, temperatur, oksygentilførsel, forbrenningsgrad og eksponeringstid/grad - kunne gi skader som varierer fra kun moderate forbigående luftveisplager til livstruende lungesvikt^{vii}. Sammenliknet med andre typer branner karakteriseres ofte tunnelbranner av langvarig røykeksponering og relativt høy røykintensitet. De vanligste skademekanismene er:

- 1) Opptak av giftige gasser i blodet - f.eks kullos og cyanid (hemmer O_2 -transport og omsetning).
- 2) Inhalasjon av sotpartikler - uforbent karbon (kan hemme gassutvekslingen i lungene).
- 3) Inhalasjon av bronkopulmonale toksiner/irritanter (kan gi slimhinnehevelse/ trange luftveier).
- 4) Termal skade (varmluftskade i luftveiene, sjeldent forekommende).

Kullos (karbonmonoksid - CO) er en svært giftig branngass som binder seg ca. 250 ganger sterkere til hemoglobin (Hb) i blodet enn oksygen og derfor effektivt hindrer oksygentransport i organismen.^{viii} Den andelen hemoglobin i blodet som er bundet til kullos kan måles på sykehus med et blodgassapparat og angis da som "HbCO" (i % av hemoglobin). Normalt er HbCO < 3 % hos ikke-røykere. Verdier mellom 10 - 20 % gir vanligvis få symptomer hos hjerte- og lungefriske, mens mer alvorlige symptomer kan oppstå ved ytterligere stigning over 20%. HbCO-verdier over 50 % er forbundet med koma, kramper og akutt fare for død.^{ix}

Fordi økt tilførsel av oksygen bidrar til reduksjon av HbCO, vil pasienter som har fått oksygen under transport til sykehus ha lavere HbCO-verdier på sykehuset enn da de ble evakuert fra brannstedet. I et forsøk på å beregne utgangsverdiene for de tidspunktene da pasientene faktisk ble evakuert fra tunnelen (d.v.s. umiddelbart før påbegynt oksygenbehandling i ambulanse) har vi valgt å sette halveringstiden ($t_{1/2}$) for HbCO til 90 minutter, vel vitende om at det opereres med forskjellige halveringsverdier i litteraturen under ulike forutsetninger. Eksempelvis vil HbCO $t_{1/2}$

Helsemessige konsekvenser av brannen i Gudvangatunnelen 5. august 2013

i vanlig romluft (21% oksygeninnhold) være rundt 5 timer, mens den faller til under 90 minutter hvis fraksjonen av oksygen i inhalert luft (FiO_2) økes til 100%. Ved medisinsk behandling i trykktank (3 bar, FiO_2 100%) vil $\text{HbCO } t_{1/2}$ være bare 15-30 minutter.^{x xi xii}

Under normale forhold bidrar også økt ventilasjon (raskere og dypere pusting) til kortere halveringstid. Det motsatte skjer hvis sot i nedre luftveier hemmer gassutvekslingen eller pustevolumet reduseres pga hevelse i bronkiene (obstruktiv ventilasjonsinnskrenkning).

For pasienter som har pustet mye sotholdig røyk vil imidlertid $t_{1/2} = 90$ minutter være et rimelig anslag, gitt rutinebehandling i ambulanse med 100% oksygentilførsel (maske med reservoar og O_2 -flow ≥ 10 liter/min) ved 1 atmosfæres trykk.

Cyanid (blåsyre) kan frigjøres bl.a. ved brann i plaststoffer og vil etter opptak i blodet hemme omsetningen av oksygen i kroppscellene og forårsake raskt stigende nivåer av melkesyre (laktat) i blodet, typisk til serumnivåer $> 10 \text{ mmol/L}$ ^{xiii}. Alvorlig cyanidforgiftning forekommer sjeldnere enn alvorlig kullsforgiftning. Fordi det var grunn til å mistenke at cyanidavgivende stoffer kunne frigjøres under brannen i Gudvangatunnelen, ble flere av pasientene undersøkt med tanke på dette. Cyanid er imidlertid et ustabilt stoff og blodprøver må derfor fryses ned tidlig, og analyseres hurtig, hvis resultatet skal være pålitelig. De aktuelle prøvesvarene for cyanid kan derfor være beheftet med usikkerhet.

6. Hovedfunn

Samtlige 28 pasienter hadde ved innleggelse i sykehus den 5. august 2013 respirasjonsbesvær (tung pust) og synlig sot i øvre luftveier (nese/munn) og i ekspektorat (opphostet slim). Hos alle pasienter som fikk journalført auskultasjonsfunn (9 stk) er det beskrevet pipelyder over lungene forenelig med luftveisobstruksjon (forsnevring av luftveiene). Ingen av pasientene hadde ved innleggelsen tegn til sirkulasjonssvikt eller laktatverdier forenelig med alvorlig cyanidforgiftning. Analyse av cyanid i blodprøver var negativ hos alle pasienter som fikk tatt slik prøve (10 stk).

Hos 25 av de 28 pasientene ble det tatt arteriell blodgassanalyse etter innleggelse med tanke på kullsforgiftning. Hos samtlige målte man HbCO over referanseverdien for ikke-røykere. Pga stor individuell variasjon i tidspunktene for prøvetaking (fra 55 til 483 minutter etter påstartet oksygenbehandling) er det gjort tilbakeregning til estimert utgangsverdi bare for de åtte pasientene som raskest fikk tatt slike prøver (55 - 285 minutter etter påstartet O_2 -behandling; median tid 74 minutter). Gitt $\text{HbCO } t_{1/2} = 90$ minutter under pågående oksygenbehandling hadde disse pasientene estimerte kullsverdier (HbCO) på hhv 16%, 21%, 24%, 24%, 27%, 31% og 33%. Det betyr at blodets transportkapasitet for oksygen (HbO_2) var tilsvarende redusert. Fordi halveringstiden er beheftet med usikkerhet kan de reelle kullsverdiene avvike fra dette.

7. Skadeomfang

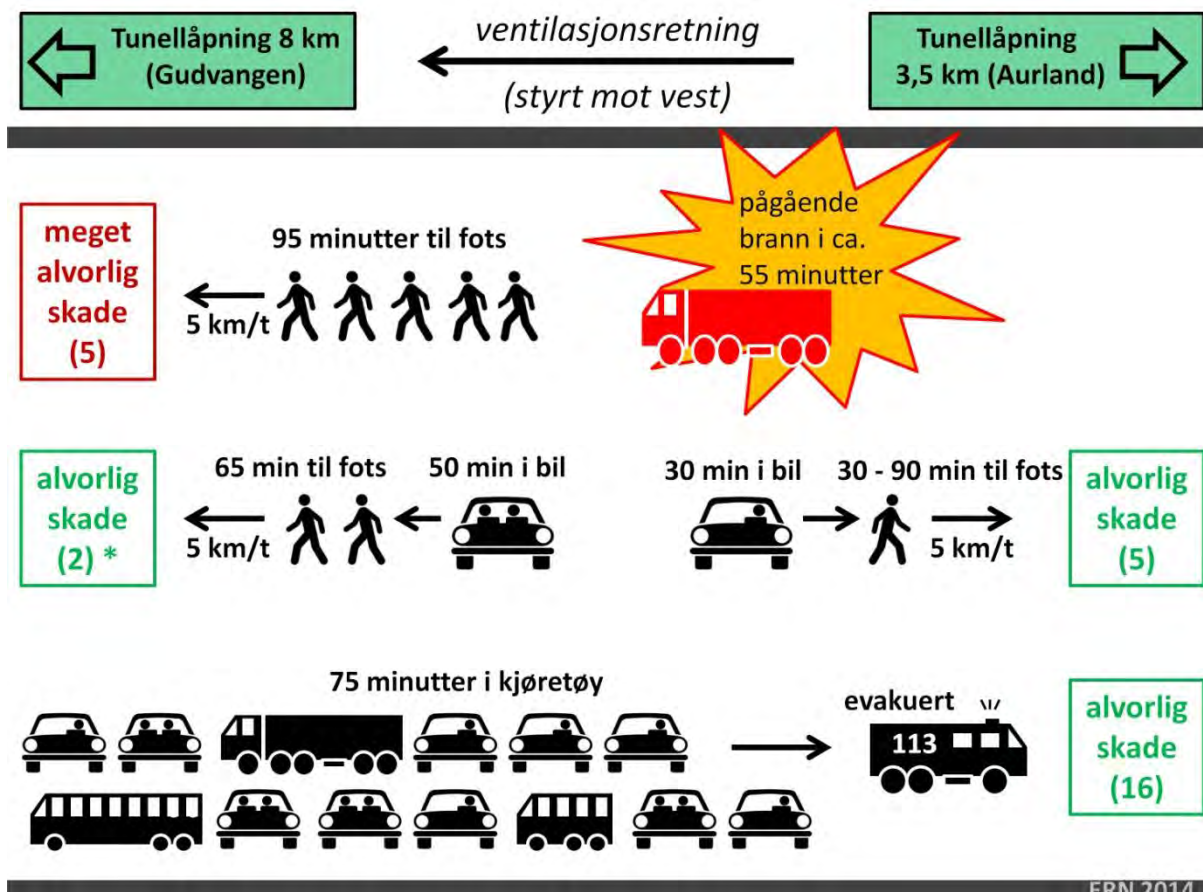
Fem pasienter skiller seg tydelig ut fra de øvrige. Disse selvevakuerte i retning Gudvangen umiddelbart etter at brannen startet og gikk til fots ca. 8 kilometer i samme retning som røyk/ventilasjonsretningen i tunnelen. Under evakueringen utførte de et oksygenkrevende fysisk arbeid (gjennomsnittlig ganghastighet 5 km/t) over 95 minutter i svært røykfylte omgivelser, mens de øvrige 23 trafikantene ble sittende i sine kjøretøy i inntil 75 minutter og hovedsakelig evakuert ut med redningsbiler. (Se Figur 1.)

Helsemessige konsekvenser av brannen i Gudvangatunnelen 5. august 2013

De fem nevnte pasientene hadde alle alvorlig oksygeneringssvikt ved innleggelse og høye estimerte HbCO-verdier (24-33%). To hadde akutt behov for ventilasjonsstøtte; en ble lagt på respirator og en fikk overtrykksventilasjon på maske før helikoptertransport til Haukeland universitetssykehus. Det ble sett rikelig med sot i nedre luftveier hos to av pasientene under terapeutisk bronkoskopi (oppsugning av sot fra lungene). De samme to pasientene hadde nedsatt bevissthet etter evakuering. Fire av fem hadde også patologiske lungerøntgenfunn (lungevev med redusert luftholdighet og infiltrater). Alle fem ble primærinnlagt ved intensiv/overvåkningsavdeling og behandlet på sykehus i mer enn en uke. En hadde fortsatt patologisk lave oksygenverdier i blodet ved utskrivelse.

Blant de øvrige 23 pasientene er det journalført to med nevrologiske symptomer i form av hodepine, svimmelhet og sløvhhet (markert med * i figur 1 nedenfor); estimert HbCO for disse to var hhv 16% og 22%. De var også de eneste som valgte å gå til fots i retning Gudvangen (i ca. 65 minutter) etter først å ha sittet i eget kjøretøy i rundt 50 minutter. De øvrige ble sittende i egne kjøretøy helt frem til evakuering, bortsett fra fem personer som gikk til fots i retning Aurland (altså mot røyk/ventilasjonsretningen) etter først å ha sittet i eget kjøretøy i ca. 30 minutter.

Figur 1 - Medisinsk status (n=28) etter evakuering til fots og etter opphold i bil før evakuering, Gudvangatunnelen 5. august 2013. Brannrøyk fortsatte å bevege seg i ventilasjonsretningen etter at brannen var ferdig slukket. Syv trafikanter selvevakuerte til fots i samme retning.



Helsemessige konsekvenser av brannen i Gudvangatunnelen 5. august 2013

For 39 av de 67 trafikantene som befant seg vest for brannstedet foreligger ikke tilgjengelig journal fra prehospital behandling. Blant disse må man anta at det forelå et større antall med lettere skader.

For de 28 sykehusinnlagte pasientene som er gjenstand for vurdering i denne rapporten fordeler skadeomfanget seg som angitt i tabell 2.

Tabell 2 - skadeomfang blant 28 innlagte trafikanter etter brann i Gudvangatunnelen 5.aug 2013

Lett skade	Ingen
Alvorlig skade	23 personer
Meget alvorlig skade	5 personer

Blant de 23 med alvorlig skade hadde en forbigående stigning av hjerteenzymer i blodet som tegn på oksygenmangel i hjertemuskelen. Flere har dessuten beskrevet plagsom hoste og psykisk engstelse for tunneler som de viktigste helseplagene i etterkant av hendelsen.

8. Konsekvens av forlenget evakueringstid

På bakgrunn av høye estimerte kullosverdier og alvorlige kliniske sykdomstegn er det grunn til å tro at ytterligere røykeeksponering i tunnelen ville satt de fem pasientene som hadde meget alvorlig skade i akutt livsfare. Det samme må antas innenfor gjeldende eksponeringstid dersom en eller flere av disse hadde hatt vesentlig høyere alder, kronisk hjerte- eller lungesykdom eller vært fysisk svekket av annen årsak. Også to av pasientene i gruppen med alvorlige skader må antas å kunne ha utviklet livstruende symptomer ved forlenget eksponeringstid, da de på evakueringstidspunktet allerede hadde symptomer på alvorlig kullosforgiftning.

9. Konklusjoner

1. Blant trafikantene som ble behandlet for røykskader på sykehus etter brannen i Gudvangatunnelen den 5. august 2013 var 28 hardt skadde. 23 av disse hadde alvorlige skader og 5 meget alvorlige skader.

2. Sot og kullos (karbonmonoksid) bidro vesentlig til sykdom hos trafikantene. Cyanid (blåsyre) ble ikke påvist i blodprøver og klinisk var det heller ikke holdepunkter for alvorlige tilfeller av cyanidforgiftning.

3. Ung alder og god helse var trolig medvirkende årsaker til at liv ikke gikk tapt under brannen.

4. Trafikantene med de mest alvorlige symptomene hadde lengst opphold utenfor bil og høyest grad av fysisk anstrengelse i tunnelen.

5. Et forlenget opphold i tunnelen ville trolig satt minst fem av trafikantene i akutt livsfare.

Helsemessige konsekvenser av brannen i Gudvangatunnelen 5. august 2013

Referanser

- ⁱ Statistisk sentralbyrå: <http://ssb.no/transport-og-reiseliv/statistikker/vtu/maaned>
- ⁱⁱ Levine MS, Radford EP. Fire victims: medical outcomes and demographic characteristics. Am J Public Health. 1977 Nov;67(11):1077-80. PMID: 911020.
- ⁱⁱⁱ Ryan CM, Schoenfeld DA et al. Objective estimates of the probability of death from burn injuries. N Engl J Med. 1998 Feb 5;338(6):362-6. PMID: 9449729.
- ^{iv} Darling GE, Keresteci MA et al. Pulmonary complications in inhalation injuries with associated cutaneous burn. J Trauma. 1996 Jan;40(1):83-9. PMID: 8577005.
- ^v Demling RH. The burn edema process: current concepts. J Burn Care Rehabil. 2005 May-Jun;26(3):207-27. PMID: 15879742.
- ^{vi} Murakami K, Traber DL. Pathophysiological basis of smoke inhalation injury. News Physiol Sci. 2003 Jun;18:125-9. PMID: 12750450.
- ^{vii} Irrazabal CL, Capdevila AA et al. Early and late complications among 15 victims exposed to indoor fire and smoke inhalation. Burns. 2008 Jun;34(4):533-8. PMID: 17950537.
- ^{viii} Rodkey FL, O'Neal JD et al. Relative affinity of hemoglobin S and hemoglobin A for carbon monoxide and oxygen. Clin Chem. 1974;20(1):83-4. PMID: 4809477.
- ^{ix} Brukerhåndbok i klinisk kjemi 2004, Ullevål universitetssykehus
- ^x Weaver LK, Howe S et al. Carboxyhemoglobin half-life in carbon monoxide-poisoned patients treated with 100% oxygen at atmospheric pressure. Chest. 2000 Mar;117(3):801-8. PMID: 10713010.
- ^{xi} Clardy PF, Manaker S, Perry H. Carbon Monoxide Poisoning: UpToDate, 2014. UpToDate. http://www.uptodate.com/contents/carbon-monoxide-poisoning?source=search_result&search=carbon+monoxide+exposure&selectedTitle=1 (02.07.2014).
- ^{xii} Pace N, Strajman E et al. Acceleration of carbon monoxide elimination in man by high pressure oxygen. Science. 1950 Jun 16;111(2894):652-4. PMID: 15424663.
- ^{xiii} Baud FJ, Barriot P et al. Elevated blood cyanide concentrations in victims of fire smoke inhalation. N Engl J Med. 1991 Dec 19;325(25):1761-6. PMID: 1944484.

NBL F13131 - Fortrolig

Rapport

Beregning av branneffekten ved brann i vogntog i Gudvangatunnelen

Branntekniske vurderinger

Forfatter

Kristian Hox



SINTEF NBL as

Brannutvikling og slokking

2014-08-27



SINTEF NBL as

Postadresse:
Postboks 4767 Sluppen
7465 TrondheimSentralbord: 73591078
Telefaks:nbl@nbl.sintef.no
www.nbl.sintef.no
Foretaksregister:
NO 982 930 057 MVA

Rapport

Beregning av branneffekten ved brann i vogntog i Gudvangatunnelen

Branntekniske vurderinger

EMNEORD:

Brann
Sikkerhet
Vogntog
Tunnel
Branneffekt

VERSJON

2

DATO

2014-08-27

FORFATTER

Kristian Hox

OPPDRAGSGIVER

Statens havarikommisjon for transport

OPPDRAGSGIVERS REF.

Martin Visnes

PROSJEKTNR

107547.17

ANTALL SIDER OG VEDLEGG:

14 + 0 vedlegg

SAMMENDRAG

5. august 2013 oppsto det brann i et vogntog i Gudvangatunnelen, Europavei 16. Veiavdelingen ved Statens havarikommisjon for transport (SHT) undersøker hendelsen, og har i den forbindelse henvendt seg til SINTEF NBL med ønske om å få beregnet brannens effekt i MW.

En forenklet beregningsmodell gir estimert maksimal branneffekt til å være 25 MW.

UTARBEIDET AV

Kristian Hox

KONTROLLERT AV

Ragnar Wighus

GODKJENT AV

Are W. Brandt

RAPPORTNR

NBL F13131

ISBN

GRADERING

Fortrolig

SIGNATUR

SIGNATUR

SIGNATUR

GRADERING DENNE SIDE

Fortrolig



Historikk

VERSJON	DATO	VERSJONSBEKRIVELSE
1	2013-12-17	Første versjon

2	2014-08-27	Endringer gjort etter nye opplysninger om drivstoff. KH
---	------------	---

Innholdsfortegnelse

Sammendrag og konklusjoner	4
1 Innledning	5
1.1 Bakgrunn	5
1.2 Målsetting	5
1.3 Metode.....	5
2 Opplysninger fra oppdragsgiver	6
2.1 Hendelsesforløpet.....	6
2.2 Vogntoget og lasten	7
2.3 Brannskadene på vogntoget og lasten	7
3 Estimering av branneffekten	9
3.1 Total brannenergi.....	9
3.1.1 Semitrailer og dekk	9
3.1.2 Trekkvogn	10
3.2 Estimering av maksimal branneffekt (i MW)	10
3.2.1 Semitrailer og dekk	10
3.2.2 Trekkvogn	11
3.2.3 Maksimal branneffekt totalt.....	12
3.2.4 Nødvendig ventilasjon for å unngå ventilasjonskontrollert brann.....	12
4 Diskusjon.....	13
5 Referanser.....	14



Sammendrag og konklusjoner

- 5. august 2013 oppsto det brann i et vogntog i Gudvangatunnelen, Europavei 16. Brannen startet i trekkbilen på venstre side av motoren. Det estimeres at brannspredning fra trekkvogn til semitrailer tok ca. 2 minutter, og brannen i semitrailer og trekkvogn utvikles til overtenning i løpet av 15 minutter. Semitraileren og dekkene var utbrent etter 30 minutter. Brannen i trekkvogntoget ble slokket 55 minutter etter antennelse.
- En forenklet beregningsmodell gir estimert maksimal branneffekt til å være 25 MW.



1 Innledning

1.1 Bakgrunn

5. august 2013 oppsto det brann i et vogntog i Gudvangatunnelen, europavei 16. Veiavdelingen ved Statens havarikommisjon for transport (SHT) undersøker hendelsen, og har i den forbindelse henvendt seg til SINTEF NBL med ønske om å få beregnet brannens effekt i MW.

1.2 Målsetting

Målsettingen er å estimere effekten av brannen i vogntoget (i MW) basert på tilgjengelig informasjon om skader på vogntoget og lasten, og på opplysninger om hendelsesforløpet.

Usikkerheten til estimatene er avhengig av kvaliteten på tilgjengelig informasjon, og detaljeringsgrad av informasjonen.

1.3 Metode

Branneffekt, eller hastighet for varmeavgivelse, er den mest brukte parameter for å estimere størrelsen på kjøretøybranner i tunneler, og for å vurdere andre viktige brannparametere, som varmefluks og gasstemperatur [2]. Hvordan branneffekten varierer under brannforløp i veitunneler har vært undersøkt tidligere, både i fullskala og laboratorieskala brannforsøk i tunneler [3-7], og viser et karakteristisk mønster som kan deles opp i 3 faser i brannforløpet:

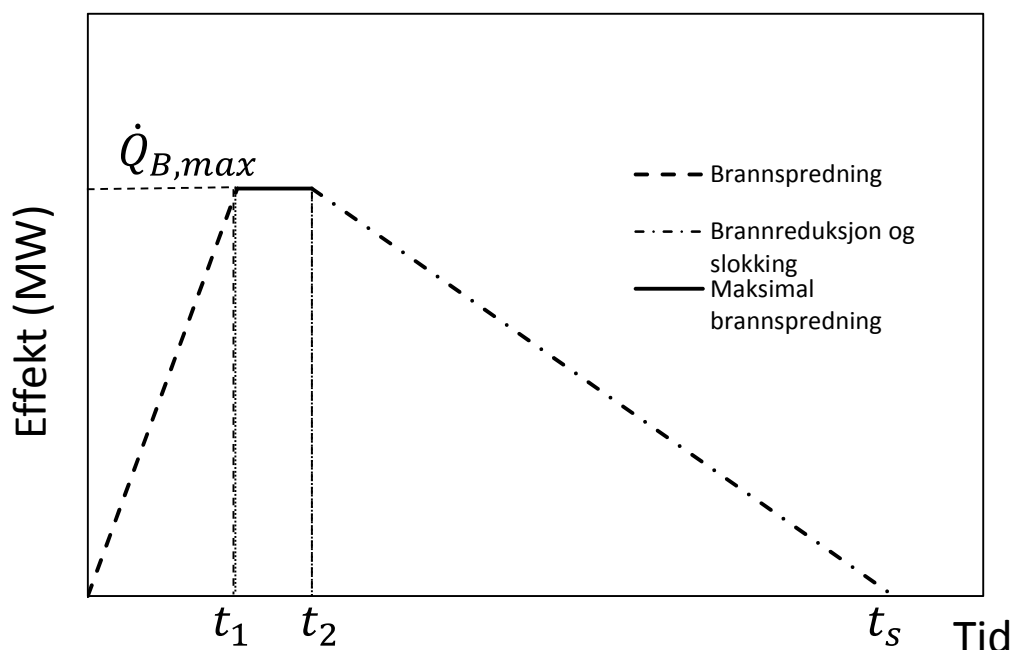
- Brannutvikling fra antennelse til alt brennbart materiale er involvert i brannen.
- Periode med fullt utviklet brann med maksimal branneffekt.
- Branneffekten reduseres, og brannen sløkkes eller sløkner av seg selv.

Arealet under branneffektkurven representerer den totale brannenergien fra antennelse til sløkking. Derfor er følgende metode brukt i arbeidet for å karakterisere brannen i vogntoget i Gudvangatunnelen:

1. Representasjon av brannforløpet ved bruk av en forenklet branneffektkurve.
2. Analyse av brannforløpet for å estimere overtennings-, reduksjons- og sløkkingstider i branneffektkurven.
3. Estimering av total brannenergi ved å analysere skader i vogntoget.
4. Estimering av maksimal branneffekt basert på integralet av branneffektkurven.

Figur 1.1 viser den forenklete branneffektkurven som er brukt for å representere brannen i vogntoget. Denne kurven viser 3 påfølgende brannstadier:

- Brannspredning, med lineær økning av branneffekt til overtenning på tidspunktet t_1 .
- Fullt utviklet brann med konstant maksimal branneffekt til tidspunktet t_2 .
- Reduksjon av brannen og sløkking, med lineær reduksjon av branneffekten til sløkking på tidspunktet t_3 .



Figur 1-1: Forenklet branneffektkurve brukt for å representere brannen i vogntoget.

2 Opplysninger fra oppdragsgiver

2.1 Hendelsesforløpet

Tabell 2-1 viser hendelsesforløpet for brannen i Gudvangatunnelen fra antatt brannstart ca. kl. 12.00, til brannvesenet har kontroll over brannen kl. 12.55 samme dag.

Tabell 2-1 Hendelsesforløpet fra antatt brannstart kl. 12:00 til brannvesenet kontrollerer brannen kl. 12:55.

Tidspunkt [tt.mm]	Tid etter brannstart [min]	Hendelse	Referanse
12:00	0	Brann startet i trekkbilens motor på venstre side	[1]
12:15	15	Antagelse gjort av SHT ut fra opplysningene de har om brannen.	[1]
12:30	30	Brannvesenet ankommer stedet, semitrailer og dekk allerede utbrent	[1]
12:55	55	Brannvesenet melder at de har kontroll over brannen.	[1]

Ut fra opplysningene i tabellen kan man gjøre følgende antakelser:

- Brannen starter i trekkbilen på venstre side av motoren, brannårsaken er ukjent.
- Brannen i vogntoget har fått utvikle seg fritt, og vogntoget ble overtent med maksimal branneffekt i løpet av de første 15 minuttene. Basert på opplysningene gitt fra SHT, antas det at brannspredning fra trekkbil til semitrailer tok kort tid og at semitraileren ble overtent i løpet av 15 minutter ($t_1 = 15$ min. i branneffektkurven i Figur 1-1).
- Brannsløkkingstidspunkt er 55 minutter fra antagelse ($t_s = 55$ min i branneffektkurven i Figur 1-1).

Hvor lenge man hadde fullt utviklet brann, det vil si før brannen ble redusert (t_2 i branneffektkurven i Figur 1-1), er avhengig av blant annet brannvesenets sløkkemetode og ventilasjonsforholdene i tunnelen, noe som gjør det vanskelig å anslå t_2 . Derfor er t_2 i disse beregningene en variabel parameter. I tillegg opplyser brannvesenet at semitraileren og dekkene allerede var utbrent ved dere ankomst 30 minutter etter antennelse.

2.2 Vogntoget og lasten

Figur 2-1 viser bilde av et vogntog av type Renault Magnum 440.19 T 4x2. Følgende informasjon om vogntoget og lasten er oppgitt av oppdragsgiver:

- Dimensjonene på semitrailerens lasterom følger europeisk standard: lengde 13,62 m, bredde 2,55 m og høyde 2,60 m [1].
- Semitraileren hadde ingen last [1]. Lastevolumet angir semitrailerens volum over tilhengerens lasteplan [1]. Høyden fra bakken til toppen av lasteplanet er 1,3 – 1,4 m [1].
- Semitraileren hadde et overbygg dekket av presenning, som antas å være PVC-belagt polyester og gulvet i semitraileren bestod av 30 mm vannfast finer.
- Trekkvognen hadde 6 dekk med dimensjon 315/70 R 22,5 og semitraileren hadde 6 dekk med dimensjoner 385/65 R 22,5.
- Total vekt for et dekk antas å være gjennomsnittlig 55-80 kg, hvorav 45 % er gummi og resten er metall (felg) [8].



Figur 2-1 Eksempel på et vogntog av type Renault Magnum. Det aktuelle vogntoget kan fravike noe fra bildet utseendemessig.

2.3 Brannskadene på vogntoget og lasten

Figur 2-2 og Figur 2-3 viser restene av vogntoget etter at brannen var sløkket. Av figuren kan vi se at alt brennbart materiale, både på trekkbil og semitrailer, synes å være helt oppbrent.



Figur 2-2 Bilde av den utbrente trekkvognen. Foto: SHT.



Figur 2-3 Bildet viser den utbrente semitraileren. Foto: SHT.

3 Estimering av branneffekten

Estimering av branneffekten i MW er basert på metoden beskrevet i seksjon 1.3.

3.1 Total brannenergi

Brannenergien Q_B [GJ] estimeres fra følgende likning:

$$Q_B = \sum_i M_i H_i f_i \quad (1)$$

hvor

M_i = vekt av materiale i (kg)

H_i = netto forbrenningsvarme for materiale i (GJ/kg)

f_i = vektfraksjon som er brent av materiale i (%)

3.1.1 Semitrailer og dekk

Tabell 3-1 oppsummerer estimater for brannenergi for semitraileren og dekkene basert på følgende forutsetninger:

- Estimert av presenningens vekt er 0,9 kg/m². For det aktuelle vogntoget har vi ingen opplysninger om dette, men dette er den maksimale verdien funnet når flere leverandører av slike presenninger sammenliknes.
- Presenningens netto forbrenningsvarme antas å være 28,0 MJ/kg, som tilsvarer forbrenningsvarme for polyester [9].
- Gummiens netto forbrenningsvarme antas å være 32,0 MJ/kg [9,10].
- Presenning og gummidekk er fullstendig oppbrent.

Tabell 3-1 Estimering av total brannenergi for semitraileren og dekk.

Komponent	Materiale	Vekt	Netto forbrenningsvarme	Masse brent	Brannenergi
		kg	MJ/kg	%	GJ
Tregulv	Vannfast finer	500	16,5	100	8,3
Presenning og tak	Polyester + PVC	90	28,0	100	2,5
Dekk	Gummi	280	32,0	100	9,0
Estimert total brannenergi					19,8

3.1.2 Trekkvogn

Tabell 3-2 oppsummerer estimater for brannenergi for trekkvognen og drivstoffet basert på følgende forutsetninger:

- 200 liter av drivstoffet har brent. Dette er anslått ut fra at drivstofftankene var hele etter brannen og at brannen bestod av en jetflamme fra åpningene på maksimalt 1 MW fra hver tank.
- Materialet i førerhuset er anslått til å bestå av forskjellige plaststoffer og skumgummi med en middels forbrenningsvarme på 30 MJ/kg som er en middsverdi for forskjellige plastmaterialer.
- Vekten av materiale i førerhuset er grovt anslått.

Tabell 3-2 Estimering av total brannenergi for trekkvogn inkludert drivstoff.

Komponent	Materiale	Vekt	Netto forbrenningsvarme	Masse brent	Brannenergi
		kg	MJ/kg	%	GJ
Drivstoff	Diesel	166	46,0	100	7,6
Diverse plastikk, stoff og seter i førerhus	Polyester/skumgummi	100	30	100	3,0
Estimert total brannenergi					10,6

3.2 Estimering av maksimal branneffekt (i MW)

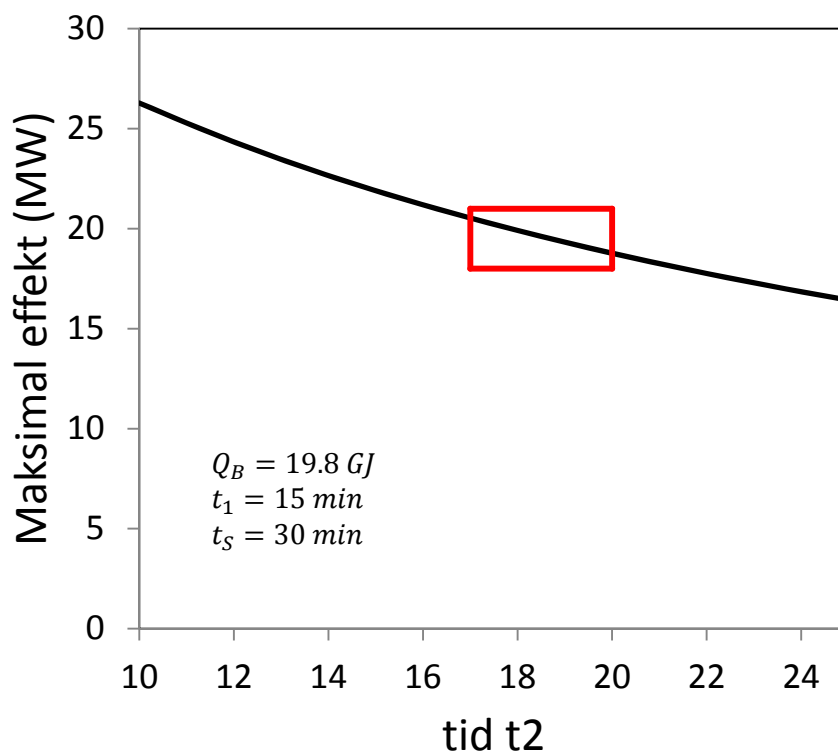
Integralet av branneffektkurven i Figur 1-1 fra antennelse til slokking representerer den totale brannenergien Q_B . Derfor kan den maksimale branneeffekten $\dot{Q}_{B,max}$ beregnes som funksjon av total brannenergi og de karakteristiske tidspunktene i branneffektkurven:

$$\dot{Q}_{B,max} = 2Q_B / (t_s + t_2 - t_1) \quad (2)$$

Ut fra at brannvesenet melder at semitraileren var fullstendig utbrent mens førerhuset og drivstofftanken fortsatt brant har vi valgt å dele opp beregningen av disse to med forskjellige tider for start av brannreduksjon og slokking.

3.2.1 Semitrailer og dekk

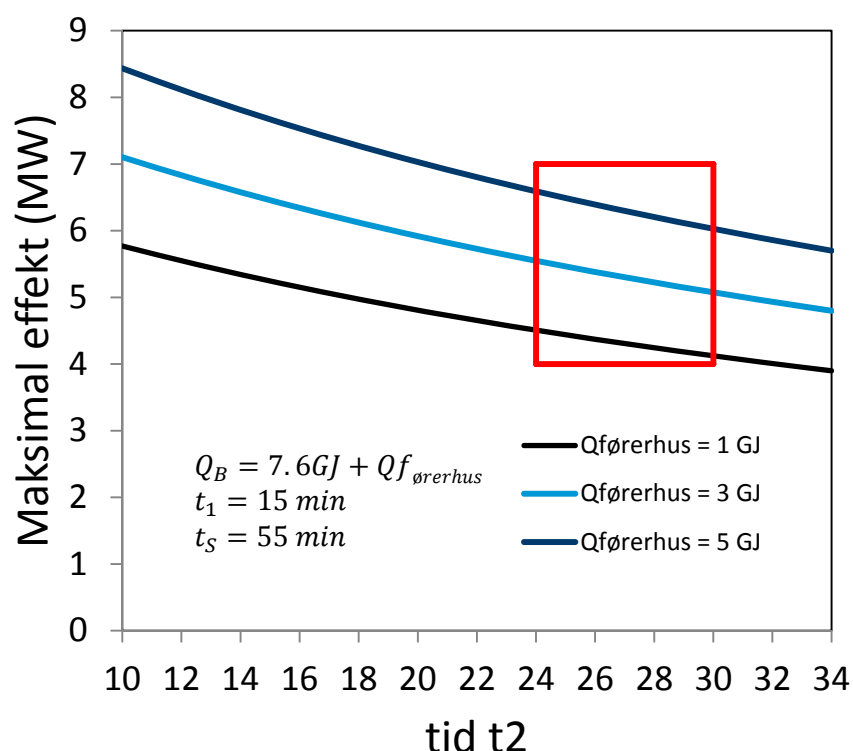
Figur 3-1 viser variasjonen av maksimal effekt av brannen i semitraileren og dekkene som funksjon av t_2 (tidspunkt for starten av brannreduksjon) basert på total brannenergi vist i Tabell 3-2. Overtenningstidspunkt $t_1 = 900$ s (15 min) og slokkingtidspunkt $t_s = 1800$ s (30 min).



Figur 3-1 Variasjon av maksimal effekt av brannen i semitraileren og dekkene som funksjon av t_2 (tidspunkt for brannreduksjon). Det røde området markerer maksimal effekt ved t_2 mellom 17 og 20 minutter.

3.2.2 Trekkvogn

Figur 3-2 viser variasjonen av maksimal effekt av brannen i trekkvognen som funksjon av t_2 (tidspunkt for starten av brannreduksjon) basert på total brannenergi vist i Tabell 3-2. Overtenningstidspunkt $t_1 = 900 \text{ s}$ (15 min) og slokkingtidspunkt $t_s = 3300 \text{ s}$ (55 min).



Figur 3-2 Variasjon av maksimal effekt av brannen i trekkvognen som funksjon av t_2 (tidspunkt for brannreduksjon). Det røde området markerer maksimal effekt ved t_2 mellom 24 og 30 minutter.

3.2.3 Maksimal branneffekt totalt

For å finne den totalt maksimale branneffekten legges estimatene for trekkvognen sammen med estimatet for semitraileren og dekkene. Dette gir en estimert verdi for den maksimale effekten til 22-27 MW. Vi kan derved anta at maksimal effekt er 25 MW.

3.2.4 Usikkerhet rundt mengde drivstoff

Det har vært noen usikkerheter rundt mengden Diesel som har bidratt i brannen. En første antagelse gjort av SHT var 600 liter. Det er urealistisk at så stor mengde har fordampet og mengden ble redusert utfra opplysninger om at tankene var hele og at all flamme var avdamping fra tankene gjennom åpningen. Enkle konservative beregninger har gitt en maksimal brannlast fra hver tank på 1 MW og et totalt forbruk på 200 liter. Om det er mer Diesel som har deltatt i brannen vil dette ha stor innvirkning på brannlasten og de første beregningene med 600 liter Diesel gav en total maksimal brannlast fra vogntoget mellom 35 og 45 MW.

3.2.5 Nødvendig ventilasjon for å unngå ventilasjonskontrollert brann

En brann i en tunnel med en viss effektutvikling vil kreve en viss mengde luft for å brenne fritt. Ved mindre lufttilførsel enn dette vil det oppstå ventilasjonskontrollert brann. For å unngå dette, trengs det luft nok til fullstendig forbrenning av det brennbare materialet. Ved ventilasjonskontrollert brann oppstår ufullstendig forbrenning, noe som igjen fører til økt produksjon av CO₂ (karbonmonoksid). En brann med den estimerte effekten, og med antatt tunnelverrsnitt på 50 m² trenger bare en lav ventilasjonslufttilførsel (0,2 m/s) for å



unngå underventilert branntilstand. Lokalt kan det allikevel ha oppstått underventilert brann inne i trekkvognen, avhengig av om dører eller vinduer har vært åpne.

4 Diskusjon

SINTEF NBL har ikke hatt mulighet til å inspisere tunnelen eller den utbrente traileren etter brannen. All informasjon som ligger til grunn for denne analysen er basert på bilder og rapporter som er tilsendt av oppdragsgiver. Denne informasjonen har mangler, siden ingen observasjoner av forløpet er tilgjengelig utover det brannvesenet og vitner har gitt. Dette medfører at vi har vært nødt til å gjøre noen forenklinger i modellen samt trekke noen antagelser om brannforløpet.

Man har blant annet ikke hatt noe informasjon om trekkbilen om hvor mye plastmaterialer denne inneholdt så dette er det kun gjort et grovt estimat av.

Av andre antagelser har man måttet estimere hvordan materialene brenner fra litteraturen. Brennverdier er avhengig av blant annet geometri og komprimeringsgrad av materialet. Derfor er det klart at disse verdiene kan avvike fra de reelle materialenes egenskaper og dermed gi et avvik i estimatet av den maksimale effekten. Man har også måttet anta hvor lenge de ulike fasene av brannen varte. Dette ble gjort med bakgrunn i opplysninger fra oppdragsgiver. Andre varigheter ville kunne gitt andre estimat.

Det kan også være at andre brennbare materialer i tunnelen har bidratt til brannen, men dette har vi ikke hatt noen informasjon om.

Med bakgrunn i det lave detaljnivået i dataunderlaget for denne analysen, kan man si at den forenklede modellen som ble benyttet, sammen med de antagelser som ble gjort, er adekvat for å estimere brannens maksimale effekt.



5 Referanser

- [1] Martin Visnes, " Data ifm. effektberegning av brann i vogntog i Gudvangatunnelen - SHT sak 13/502," e-postkommunikasjon, 22. november 2013.
- [2] Drysdale, D., "An Introduction to Fire Dynamics," John Wiley & Sons, 1992, p. 278.
- [3] Ingason, H. and Lönnemark, A., "Large-scale Fire Tests in the Runehamar tunnel - Heat Release Rate (HRR)", International Symposium on Catastrophic Tunnel Fires (CTF), SP Report 2004:05, 2003, pp. 81-92.
- [4] Ingason, H., "Fire Experiments in a Model Tunnel using Pool Fires – Experimental Data", SP Swedish National Testing and Research Institute, SP Report 1995:52, Borås, Sweden, 1995.
- [5] Ingason, H., "Effects of Ventilation on Heat Release Rate of Pool Fires in a Model Tunnel", SP Swedish National Testing and Research Institute, SP Report 1995:55, Borås, Sweden, 1995.
- [6] Carvel, R. O., Beard, A.N., and Jowitt, P. W., "How much do tunnels enhance the heat release rate of fires", Proc. 4th Int. Conf. on Safety in Road and Rail Tunnels, 457-466, Madrid, Spain, 2-6 April, 2001.
- [7] Carvel, R.O., Beard, A.N., and Jowitt, P.W., "How does the shape of a tunnel affect the heat release rate of a fire?", Proc. 9th Int. Fire Science & Engineering Conf. Interflam 2001), pp. 1355-1360, Edinburgh, Scotland, 17-19 September 2001.
- [8] Basel Convention, "Technical Guidelines on the Identification and Management of Used Tyres", Basel Convention Series SBC No. 02/10, 2010, pp. 6-7.
- [9] SINTEF Byggforsk: Byggedetaljblad 520.333, Brannenergi i bygninger, beregninger og statiske verdier.
- [10] Hansen P. A., Fire in tyres – "Heat release rate and response of vehicles", SINTEF NBL, SINTEF report STF25 A95039, Norway, 1995.



Teknologi for et bedre samfunn

www.sintef.no

RAPPORT

Kontaktperson
Haukur Ingason
Fire Research
010-516 51 97
haukur.ingason@sp.se

Datum
2014-04-04

Beteckning
4P02175

Sida
1 (8)

Martin Visnes
Statens Haverikommisjon for Transport
Postboks 213
2001 Lilleström

Lastbilsbrand i tunnel: Røkgasproduksjon

Beskrivning av oppdrag

På grund av lastbilsbranden i Gudvagnatunnelns 5 augusti 2013 har Statens Haverikommisjon for Transporter (SHT) gett SP Fire Research i oppdrag att söka svar på följande frågor:

1. Hvilke gasser inneholder røyk fra brann i et tomt vogntog. Det tas utgangspunkt i et standard vogntog som brukes i de fleste europeiske land (toakslet trekkbil og treakslet semitrailer – se eksempelbilde under). Antatt dieselmengde i drivstofftanker settes til 600 liter.



Figur 1 Fjærrlastbil med släp

2. Hvordan sprer erfaringsmessig røyken seg fra brannen starter i et vogntoget til det er overtent. Det forutsettes at det ikke er mekanisk ventilasjon i tunnelen.
3. Hvordan er røykintensiteten fra et tomt vogntog i forhold til et fullastet vogntog (40 tonn totalvekt). Vi ønsker at det gis eksempler på flere forskjellige typer last.
4. På bakgrunn av informasjon fra de som var inne i tunnelen beveget røyken seg i “propper”. Dette medførte at det i deler av tunnelen var tettere røyk i enkelte områder av tunnelen enn i andre områder. Er dette et kjent fenomen når det blir benyttet mekanisk ventilasjon?
5. Ved brannen i Gudvangatunnelen ble røyken ventilert slikt at innsatspersonellet kunne komme til fra den “røykfrie” siden. Dette medførte at trafikantene som var på den

SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut

Postadress
SP
Box 857
501 15 BORÅS

Besöksadress
Västeråsen
Brinellgatan 4
504 62 BORÅS

Tfn / Fax / E-post
010-516 50 00
033-13 55 02
info@sp.se

Detta dokument får endast återges i sin helhet, om inte SP i förväg skriftligen godkänt annat.

andre siden ble fanget i røyken, slik at de ikke fikk evakuert. Redningspersonell kom heller ikke inn på denne siden på grunn av minimal sikt.

- Hvordan ser SP på denne problemstillingen?
- Har dere vurdert dette, og hvordan kan det evt. løses?

Analys

I dette avsnitt forsøker vi utifrån befintlig kunnskap svare på spørsmålene i foregående avsnitt. Avsikten er ikke å oppskatta brandens storlek i MW, eller varaktighet, utan å oppskatta rökproduktion och bildning av olika toxiska ämnen, för att kunna ge svar på de frågor som SHT ställer.

Fråga 1: Brandgaser från tom lastbil

Lastbilen som brann var tom och har då en tjänstevikt på ungefär 17 ton (semitrailer 7 ton, dragbil 10 ton). Bilderna i figur 2 är från en motsvarande lastbil som den som brann i tunneln, de har använts för att uppskatta material och ytor som kan brinna.



Figur 2 Bilder över lastbil och förarhytt.

Utifrån dessa bilder och annan teknisk information som vi erhållit från SHT har golvytan inne i förarhytten uppskattas till 6 m², bakre väggen till 6 m², stolar till 2 m² och instrumentbräda till 3 m². Motorn antas börja brinna framtill där den överhettade kylaren sitter, med en uppskattad area av 1 m². Därtill tillkommer de 12 däcken (varje däck har en area av 4,5 m²) samt 600 l diesel, som antas brinna på 1 m². Semitrailern har en lastyta på 33 m² med 30 mm tjock vattentät plywood. Denna areauppskattning hjälper oss att uppskatta olika rökmängder och mängder toxiska ämnen i røyken.

En brand kan ge upphov till produktionen av mängd olika gaser. I huvudsak förbrukas syre medan vatten och koldioxid produceras. En begränsande faktor vid utrymning är narkotiska gaser som leder till medvetslöshet, vanligen kolmonoxid (CO), koldioxid (CO₂), cyanid (HCN) samt låg syrehalt (O₂). CO bildas vid alla bränder och härleds ofta som dödsorsak. Mängden

CO som bildas är starkt beroende på lokala temperatur- och ventilationsförhållanden som är svåra att förutse. För att HCN ska bildas krävs material som innehåller kväve (N). Irriterande gaser som vid höga koncentrationer försvårar utrymning är t.ex. väteklorid (HCl), vätefluorid (HF) och isocyanater. Cancerogena ämnen som ger symptom på längre sikt och som bildas vid brand är t.ex. bensen och dioxiner. I den här utredningen så fokuserar vi på de i första hand kritiska gaserna för utrymning, dvs. O₂, CO, CO₂ och HCN. En översiktlig summering över en lastbils material ges i nedanstående tabell.

Tabell 1 Data för att uppskatta brandens yta för olika material i fordonet samt rök- och gasproduktionen från materialen. [(Tewarson, 2004, Persson and Simonson, 1998)].

Material	$\dot{m}''$ (kg/m ² s)	A (m ²)	Yield (g/g)			D _{mass} (m ² /kg)	H _{ec} (MJ/kg)
			CO	CO ₂	HCN		
PUR	0,024	8	0,16	1,99	0,01	304	17
Polystyren	0,034	3	0,22	2,20	-	335	27
Diesel/olja	0,030	2	0,041	2,86	-	250	32
Textilier	0,016	6	0,055	1,43	-	230	27
12 st Däck	0,0084	54	0,24	3,04	-	87	25

Den longitudinella lufthastigheten, u antas vara ungefär 2,5 m/s. Tunnelns tvärsnitt uppskattas till 50 m² och rökgaserna antas vara jämt fördelade över tvärsnittet.

Tabell 2 Beräknad gas- och rökproduktion.

Material	Gaskoncentration (%)				Sikt (m)
	Förbrukat O ₂	CO	CO ₂	HCN	
PUR	0,11	0,015	0,12	0,0010	-
Polystyrene	0,089	0,011	0,069	-	-
Diesel/olja	0,062	0,0012	0,053	-	-
Textilier	0,084	0,0025	0,042	-	-
12 st Däck	0,50	0,062	0,50	-	-
Totalt	0,85 (20,01)	0,0917	0,784	0,0010	0,93

Beräknade värden i Tabell 2 är de värden som erhålls när branden är fullt utvecklad. Sikten i röken är beräknad utifrån ekvation (13.24) i referens (Ingason, 2012). Gaskoncentrationerna i Tabell 2 kan sättas i relation till gränser för exponering som leder till medvetlöshet ifrån Tabell 3. Inga utav de utvärderade gaserna i Tabell 2 kommer upp i kritiska nivåer. Lägre ventilationshastigheter än 2,5 m/s leder till ökade koncentrationer. En halvering till 1,25 m/s leder exempelvis till en dubbelt så hög gaskoncentration. I verkligheten skulle CO, CO₂ och HCN samverka och göra att tiden till medvetlöshet minskar. Utifrån tidigare uppskattningar som SP har gjort är gaskoncentrationerna i Tabell 2 rimliga för en lastbil utan last.

Tabell 3 Gränser för giftiga (asphyxiant) gaser och medvetsløshet ved 5 respektive 30 minutters exponering (Blomqvist, 2005).

Ämne	Medvetsløshet ved 30 min exponering	Medvetsløshet ved 5 min exponering
CO	1 550 ppm (0,15 %)	7 000 ppm (0,7 %)
HCN	105 ppm (0,0105 %)	175 ppm (0,0175 %)
CO ₂	6,5 %	7,5 %
O ₂	12 %	11,5 %

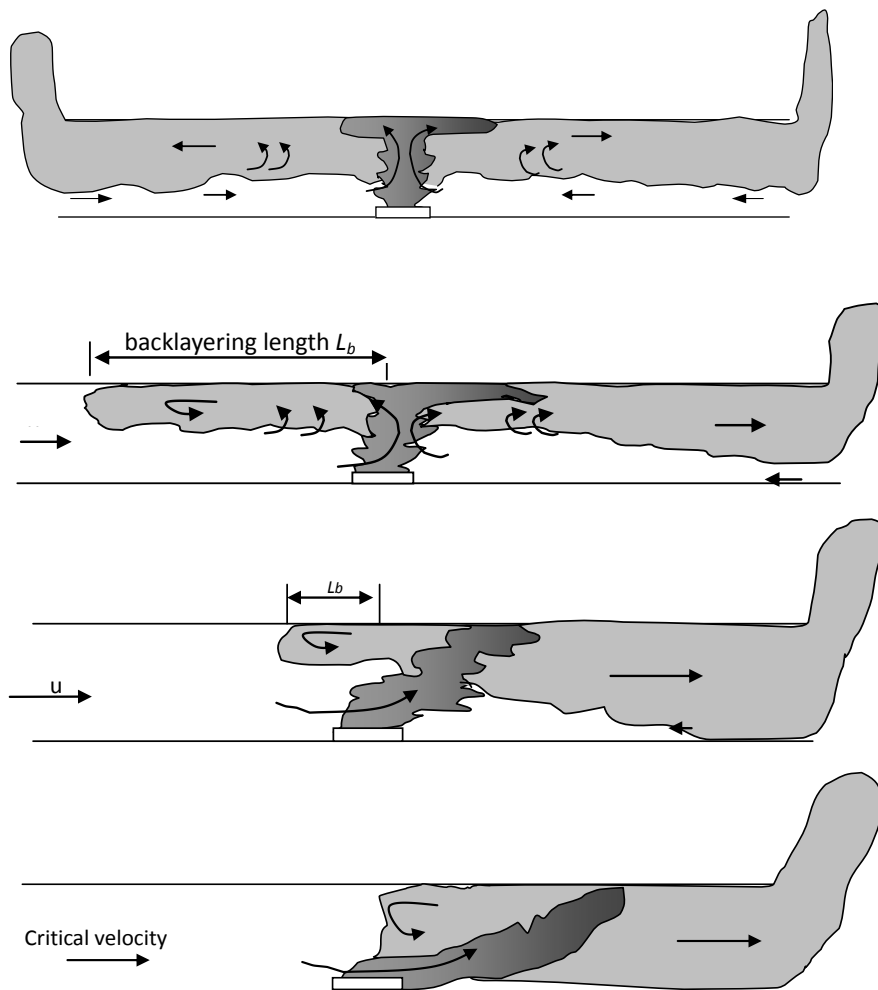
Notera att HCN och CO är mycket svåruppskattade brandgaser, koncentrationen beror på typen av bränsle, geometri, ventilation och temperatur förhållanden. CO₂ däremot är relativt väl kopplad till brandens storlek och därmed ganska lättuppskattad.

Fråga 2: Brandutveckling för tom lastbil i tunnel beroende på ventilation

I en brand i ett till större delen slutet utrymme kan man få övertändning när allt bränsle pyrolyserar och bidrar till branden som då blir ventiationskontrollerad, dvs. beroende av syretillförsel in i utrymmet. I en tunnel får man inte övertändning i samma bemärkelse eftersom det generellt finns gott om syre i förhållande till brandens storlek. Dock kan man få övertändning i förarhytten eller eventuellt släpet, men eftersom släpet har presenning på sidorna kommer det att brinna sönder varför ingen övertändning sker där. Det här betyder dock inte att tunnelbränder är mindre än slutna bränder i byggnader (rumsbrand). Man kan få lokalt högre brandtemperaturer i tunnlar än i rumsbränder, uppemot 1350 grader C jämfört med ungefär 1000 grader C i rumsbränder eftersom det finns så gott om syre och därmed sker en mer effektiv förbränning. I det aktuella fallet kan högsta tak temperaturen uppskattats till ungefär 1000 °C.

Naturlig ventilation behöver inte innebära att luftens hastighet i tunneln är låg. Beroende på vind och lufttrycksskillnad mellan portalerna kan höga lufthastigheter uppnås utan mekanisk ventilation. Eftersom Gudvangatunneln lutar med 3,5 % kan en hög naturlig ventilationshastighet väntas, allt i från några decimeter per sekund till några meter per sekund. På vintern stiger den naturligt uppemot Flåm, då lufttemperaturen kan vara högre inne i tunneln. På sommaren kan det bli naturligt flöde ned mot Gudvangen, då temperaturen är lägre inne i tunneln. Även yttre vind och atmosfärtryck kan påverka flödet. Om vi dock förutsätter en låg lufthastighet (0.1-0.3 m/s) i tunneln som antingen uppnås genom naturlig eller mekanisk ventilation så kommer den varma röken till att börja med att sprida sig längs taket i båda köriktningarna. Initialt kommer röken att vara skitad, men för stora bränder (som den här) och när röken kylts ned kommer rökgaslagret att sjunka mot vägbanan. Inom en sträcka på 300 m bör röken ha kylts av så pass mycket att röken kommer att sjunka ner mot vägbanan. Dock kommer alltid frisk luft att passera längs vägbanan, då den luft som transporteras bort från branden måste ersättas av ny luft. För lufthastigheter i storleksordningen 1 m/s eller lägre kommer röken att stanna på uppströmssidan, och en såkallad backlayering kan bildas, se figur 3.

För ventilationshastigheter över 2 m/s kan röken förutsättas röra sig med luftriktningen och ha en låg eller ingen skiktning på nedströmssidan. Uppströms bildas en relativt kort backleyring. Vid lufthastigheter på mellan 2.5 och 3 m/s kommer ingen backleyring att bildas, all rök går åt ett och samma håll. I figur 3 visas en principiell bild över hur rökens skiktning påverkas av olika lufthastigheter i tunneln.



Figur 3 Skiktning av rök i tunnel ved ulike lufthastigheter u (från överst och nedåt $u=0.3$ m/s, $u=1$ m/s, $u=2$ m/s och slutligen $u=3$ m/s) (Ingason, 2012).

Fråga 3: Rökintensitet för fullastad relativt tom lastbil

Rökintensiteten och brandgaskoncentrationen kan förenklat sett anses vara proportionell mot brandeffekten. En fullastad lastbil kan ge 80-200 MW vilket betyder att rökintensiteten också ökar med motsvarande faktor. Sikten förväntas minska 4-10 gånger.

Branden från en tom lastbil kan dock mycket väl vara tillräckligt stor för att tidigt ge en obefintlig sikt. Experiment från Runehamar 2003 (Ingason et al., 2011) ger exempel på dieselbrand (200 l) och fullt utvecklade lastbilsbränder med last. Efter fem minuter är rökintensiteten 458 meter nedströms en dieselbrand på 6 MW redan så hög att sikten i det närmaste är noll meter. För de större lastbilsbränderna är sikten också noll. Dock är skillnaden stor för produktionen av giftiga gaser, t.ex. CO, där dieselbålet ger mycket låga koncentrationer medan de större lastbilsbränderna ger mycket höga värden (620 – 2900 ppm). Olika typer och kombinationer av last-, temperatur- och ventilationsförhållanden kan ge olika mängd giftiga gaser. I Runehamar gjordes fyra försök med varierande last för vilka produktionen av CO, CO₂ och O₂ summeras i tabellen nedan.

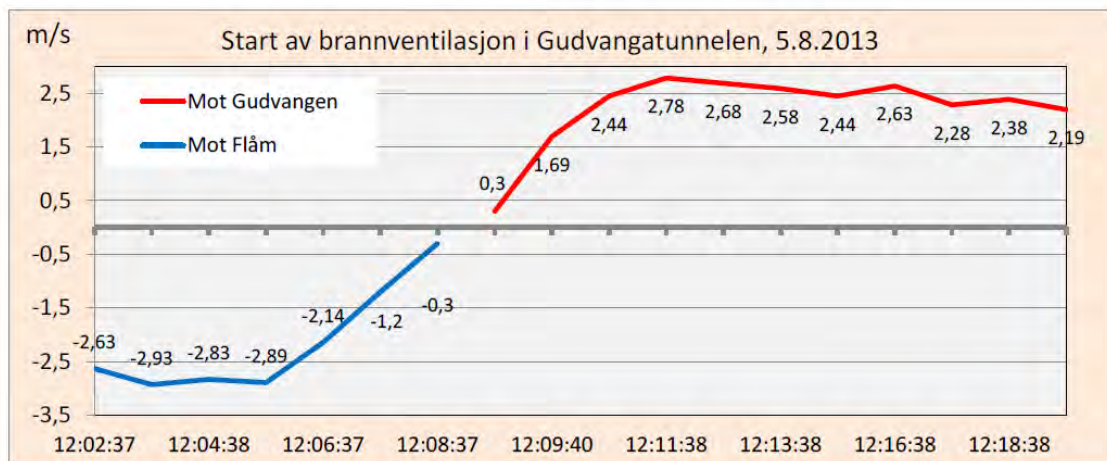
Tabell 4 Summering av CO produktion för olika typer av gods (Ingason et al., 2011).

Försök	Last	Brandstorlek (MW)	Max CO (%)	Max CO ₂ (%)	Min O ₂ (%)
1	Trä+plast	202	0,23 (2300 ppm)	12	7
2	Trä+PUR	157	0,29	10	10
3	Möbler+PUR+lastbilsdäck	119	0,062	7	13
4	Papp+plast	66	0,087	4	16

Förutsatt att branden i dragfordonet inte är ovanligt stor, visar Tabell 5 att lasten är dominerande för produktionen av höga toxiska nivåer i tunneln. Resultaterande koncentrationer av CO och CO₂ för förarhytt inklusive last kan uppskattas genom att addera värden för tom lastbil och relevant last från något av försöken ovan. Medvetlöshet enligt kritiska doser i Tabell 3 kan då väntas inom 5 minuter för försök 1, 2 och 3 i Tabell 5. Notera att i Runehamarförsöken hade man ungefär samma tunneltvärnsnitt och lufthastighet (2-2.5 m/s). Sammanfattningsvis så hade de personer som befunnit sig i röken i upp till 5 minuter blivit medvetlösa om motsvarande last hade funnits i trailern.

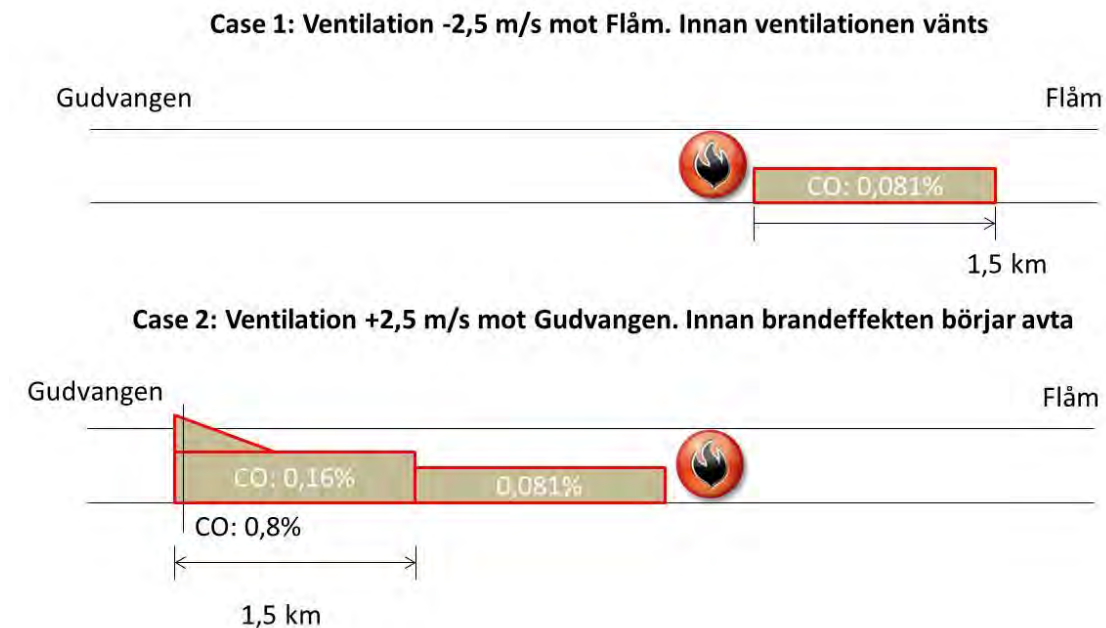
Fråga 4: Påverkan av mekanisk ventilation

I Figur 4 ses att ventilationen ändras från ungefär -2,5 m/s till +2,5 m/s under en tid av ungefär 5 minuter. Som sagt tidigare så kan naturlig ventilation ge luftflöden i paritet med mekanisk ventilation. Dock får man en tydligare så kallad ”rökpropp” om ventilationsflödet vänds eftersom branden då redan kan ha vuxit sig stor och därmed producerar mycket brandgaser som hamnar främst i rökproppen. Därtill kommer redan producerad rök som tidigare befann sig nedströms branden (mot Flåm) att spädas på med mer rök när den passerar branden igen.

**Figur 4 Ventilationsflöden i tunneln (källa: Gunnar Lotsberg, Statens vegvesen)**

Resultaterande rök-gaskoncentrationer kommer som lägsta uppskattning dubblas och sikten halveras för vändande och nyproducerad rök. Högst koncentration blir det mycket riktigt längst fram i den vändande röken, varför benämningen rökpropp är passande. Som exempel blir koncentrationen CO vid 0,5 m/s ungefär 0,4% (4000 ppm), vilket är betydligt högre än i Tabell 2 med 5 gånger högre flöde på 2,5 m/s. När den sedan vänds och kommer upp i -0,5 m/s och passerar branden igen blir koncentrationen det dubbla, alltså 0,8%, eller 8000 ppm, vilket leder till medvetlöshet inom 5 minuters exponering. Då luftflödet vänder och ligger inom intervallet 0,5 till -0,5 m/s blir koncentrationen ytterligare högre i den resulterande rökproppen, dock varar detta tillstånd under en relativt kort period, ungefär 1 minut, se Figur 4. Detta betyder att

dess höga koncentrationer som kan ge medvetlöshet inom 5 minuters exponering uppnås under ett tidsintervall av ungefär 1 minut. Detta förklarar varför inga personer förlorade medvetandet. I Figur 5 ges en schematisk beskrivning av rök-gaskoncentrationen för CO under antagandet att branden är konstant enligt Tabell 1 och 2. Koncentrationen för övriga gaser ökas på samma sätt.



Figur 5. Schematisk beskrivning av rök-gaskoncentration innan och efter ventilationen vänt. Över 0,8% CO väntas längst fram i rökproppen mot Gudvangen.

Fråga 5: Strategi för mekanisk ventilation, utrymning och räddningsinsats

En grundprincip för bi-direktionella (trafik i båda riktningar) tunnlar bör vara att ha en minimal ventilation under utrymning så att röken sprids långsamt inne i tunneln och människor nedströms och uppströms branden hinner utrymma. Detta kan uppnås genom mekanisk eller naturlig ventilation beroende på väderförhållanden vid tunnelns portaler. Sedan, efter utrymningen är avslutad, för att hjälpa räddningstjänst att nå branden kan ventilation slås på från ett håll så att räddningstjänst kan gå in i rökfri miljö, normalt räcker 3 m/s för att uppnå gynnsamma förhållanden uppströms branden, se figur 3. Den utrustning som finns i många tunnlar där man kan få information om antal fordon och placering inne i tunnelarna kan användas som beslutsunderlag för räddningstjänsten. Detta bör göras i samråd med vägtrafikcentralen.

Man bör vara varsam med ändringar av ventilationsflöden inne i tunnlarna efter att branden har startat. Den främsta anledningen är att om det finns människor i tunneln uppströms branden bör man inte vända ventilationsriktningen eftersom mer rök då finns i tunneln under längre tid, och högre koncentrationer uppnås i rökproppen. Med andra ord leder detta till högre rökgaskoncentrationer för de personer som tidigare befann sig uppströms branden när gammal plus nyskapad rök når upp dem.

SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut Fire Research - Branddynamik

Utfört av

Granskat av

Haukur Ingason

Jonatan Gehandler

Referenser

- BLOMQVIST, P. 2005. *Emissions from Fires - Consequences for Human Safety and the Environment*. Doctoral thesis, Lund University.
- INGASON, H. 2012. Fire Dynamics in Tunnels. In: BEARD, A. N. & CARVEL, R. O. (eds.) *In The Handbook of Tunnel Fire Safety, 2nd Edition* London: ICE Publishing.
- INGASON, H., LÖNNERMARK, A. & LI, Y. Z. 2011. Runehamar Tunnel Fire Tests. SP Report 2011:55: SP Technical Research Institute.
- PERSSON, B. & SIMONSON, M. 1998. Fire Emissions into the Atmosphere. *Fire Technology*, 34, 266-279.
- TEWARSON, A. 2004. Combustion efficiency and its radiative component. *Fire Safety Journal*, 39, 131-141.